



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Aproximación a modelos de seguridad vial en intersecciones semaforizadas de Medellín

Basilio Restrepo Betancur

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Civil.
Medellín, Colombia
2018

Aproximación a modelos de seguridad vial en intersecciones semaforizadas de Medellín

Basilio Restrepo Betancur

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Ingeniería - Infraestructura y Sistemas de Transporte

Director:

Ph.D. Víctor Gabriel Valencia Alaix

Línea de Investigación:

Seguridad vial

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Civil
Medellín, Colombia
2018

*A mis padres, por su constante e incondicional
esfuerzo en contribuir a convertirme en la
persona que anhelo ser.*

Agradecimientos

Completa gratitud a mi Alma Mater, la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, a la Facultad de Minas y al Departamento de Ingeniería civil, por estos 9 años de formación entre pregrado y posgrados, durante este tiempo he crecido como persona, me he formado como profesional y me he apasionado por la ingeniería, la infraestructura vial y los sistemas de transporte. Los mejores años de mi vida han sido marcados por sus memorables edificios, sus espacios abiertos, por compañeros y colegas y por cada uno de los docentes de quienes tuve la fortuna de aprender.

El mayor agradecimiento a mi tutor, el docente Víctor Gabriel Valencia Alaix, docente asociado al Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, por su paciencia, apoyo y colaboración en la realización de este proyecto. Su diligencia, sus oportunas recomendaciones, su pasión por la ingeniería y la seguridad vial, fueron agentes motivadores y me impulsaron para sobrepasar dificultades y culminar con éxito esta investigación. Además de ser un maestro excepcional, es una mejor persona, integra como pocas; con la mayor sinceridad y por siempre, gracias Profesor.

Un especial reconocimiento al Municipio de Medellín y la Alcaldía de Medellín Cuenta con vos, mediante la Secretaria de Infraestructura Física, la Secretaria de Movilidad y el Centro de Control de Semáforos por su diligencia y amabilidad al facilitar las bases de datos de accidentalidad, volúmenes vehiculares y aforos históricos, amoblamiento semafórico y red vial de Medellín.

Finalmente, a los ingenieros Cristhian Lizarazo Jiménez y Raúl Pineda Méndez, estudiantes de doctorado de la Universidad de Purdue (Indiana, Estados Unidos de América), agradecimiento por su apoyo y soporte en la modelación de las funciones de desempeño de seguridad para la ciudad de Medellín.

Resumen

El transporte durante la historia ha sido una de las actividades forjadoras de sociedades y promotoras de desarrollo, facilitando la comunicación entre lugares alejados y asegurando el suministro de mercancías que facilitan la calidad de vida. Las ciudades constituyen los principales asentamientos poblacionales, en los que sus miembros se ven en la necesidad de transportarse a través de ella para suplir menesteres de cualquier índole, lo que trae consigo la exigencia de infraestructura vial eficiente y con un nivel de servicio aceptable. Sin embargo, los avances en los sistemas de transporte originan externalidades como la congestión, el daño medio ambiental y la inseguridad vial, factores que reducen la calidad de vida de los usuarios. Dado que la inseguridad vial se ha convertido en un importante problema económico y de salud pública, desde el ámbito de la ingeniería se ha optado por complementar las normas y guías de diseño geométrico con el uso de herramientas para el análisis de la seguridad que permitan cuantificarla, centrando esfuerzos en modelos predictivos de estimación de frecuencia de accidentes, en algunos casos optando por la adaptación de procedimientos desarrollados en países del primer mundo, sino en la creación de modelos propios que permitan evaluar la accidentalidad.

Se eligieron las intersecciones semaforizadas como objetivo de análisis, recopilando bases de datos de accidentalidad, volúmenes de tránsito y caracterización geométrica, creando escenarios de simulación, inicialmente mediante la evaluación de aplicabilidad del método predictivo del manual americano de seguridad vial (HSM) y posteriormente en la determinación de las funciones de desempeño de seguridad vial (SPFs) mediante el modelo binomial negativo. Se calcularon coeficientes de calibración para el método predictivo de HSM para intersecciones de tres y cuatro accesos mediante el módulo de predicción de accidentes (CPM) del software IHSDM, concluyendo falencias en la aplicación y transferibilidad para Medellín; igualmente se hallaron SPFs para colisiones con solo daños (PDO) y con heridos o fatalidades (FI), en los que se determinó que las intersecciones en T son poco propensas a colisiones, al igual que aquellas cuyos accesos tengan dirección de flujo unidireccional, asimismo, se encontró que la permisividad de giro a derecha está relacionado con el incremento de accidentes FI. Se espera que este esfuerzo sea el precedente de proyectos que evalúen nuevas variables y otros tipos de infraestructura vial, en búsqueda de crear herramientas de gestión de la seguridad vial que aporten en los procesos de planeación y diseño de nueva infraestructura.

Palabras clave: seguridad vial, semáforos, intersecciones, SPF, modelos

Abstract

Transportation through history has been one of the main activities forging societies and promoters of development, facilitating communication between spatially distant places and ensuring the supply of objects or goods that facilitate the quality of life. Currently, the cities constitute the main population settlements, in which their members are in the need to transport themselves through it to supply necessities any kind, which brings with it the requirement of efficient road infrastructure and in addition to this with an acceptable level of service. However, advances in transport systems cause externalities such as congestion, environmental damage and road insecurity, factors that reduce the quality of life of users. Since road insecurity has become an important economic and public health problem, from the field of engineering has been chosen to complement the rules and guidelines of geometric design with the use of tools for safety analysis to quantify it, focusing efforts on predictive models of accident frequency estimation, in some cases opting for the adaptation of procedures developed in first world countries, but in the creation of own models that allow to evaluate the accident rate.

Signalized intersections were chosen as an analysis objective, collecting accident data bases, traffic volumes and geometric characterization, creating simulation scenarios, initially by evaluating the applicability of HSM predictive method and later in determination of SPFs using the model negative binomial. Calibration coefficients were calculated for the predictive method HSM for intersections of three and four accesses through the CPM of IHSDM software, concluding gaps in the application and transferability for Medellín; and representation of Medellín intersections; equally, SPFs were found for collisions with only damage (PDO) and with injuries or fatalities (FI), in which it was determined that T intersections are less susceptible to collisions, as intersections whose accesses have unidirectional flow direction, likewise, were found that the permissiveness of turning to the right is related to increase in FI accidents. It is expected that this effort will be the precedent of projects that evaluate new variables and other types of road infrastructure, in search to create road safety management tools that contribute to the planning and design of new infrastructure.

Keywords: road safety, traffic light, intersections, SPF, models

Contenido

	Pág.
Resumen.....	IX
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas.....	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	XV
Introducción.....	1
1. El problema de la inseguridad vial.....	5
2. Revisión bibliográfica	13
2.1 Marco teórico	13
2.1.1 HSM	13
2.1.2 IHSDM.....	14
2.1.3 CPM y método predictivo.....	18
2.1.4 Calibración del modelo predictivo del HSM.....	24
2.1.5 Modelos estadísticos en seguridad vial.....	31
2.2 Antecedentes	34
3. Metodología	41
4. Obtención y procesamiento de datos	45
4.1 Datos de accidentalidad.....	46
4.2 Datos de características geométricas.....	488
4.3 Datos de volúmenes vehiculares.....	544
5. Aplicación y calibración CPM.....	577
5.1 Análisis de resultados	733
6. Aproximación a funciones de desempeño de seguridad vial (SPF)	¡Error!
	Marcador no definido.7
6.1 Análisis de resultados	799
7. Conclusiones y recomendaciones.....	83
7.1 Conclusiones.....	83
7.2 Recomendaciones.....	86
A. Base de datos de accidentalidad IPAT.....	89
B. Datos accidentalidad para modelación.....	103

C.	Caracterización intersecciones de 3 y 4 accesos	105
D.	Caracterización intersecciones para modelo	109
E.	Volúmenes vehiculares iniciales	113
F.	Volúmenes vehiculares mediante Kriging	115
G.	Datos aplicación CPM.....	117
H.	Datos calibración Ci CPM.....	119
I.	Matriz de correlación	121
J.	Modelación SPF R	127
	Bibliografía	131

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Resumen módulos IHSDM	15
Figura 2-2: Método predictivo del HSM	20
Figura 2-3: Proceso de cálculo C_i	25
Figura 2-4: Definición de segmento de carretera e intersección	26
Figura 4-1: Fotografías intersecciones mediante MapGIS	50
Figura 4-2: Localización intersecciones semaforizadas Medellín	53
Figura 5-1: Proceso de estimación de frecuencia de accidentes CPM intersecciones	58
Figura 5-2: Proceso de cálculo C_i mediante CPM intersecciones en tee 2010-2012	59
Figura 5-3: Proceso de cálculo C_i mediante CPM intersecciones en cruz 2010-2012	60
Figura 5-4: Proceso de cálculo C_i mediante CPM intersecciones en tee 2014-2016	61
Figura 5-5: Proceso de cálculo C_i mediante CPM intersecciones en cruz 2014-2016	61

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 4-1: Clasificación intersecciones semaforizadas	48
Tabla 4-2: Variables caracterización de intersecciones semaforizadas	51
Tabla 4-3: Bases de datos volúmenes vehiculares de intersecciones semaforizadas	55
Tabla 5-1: Resultados estimación frecuencia de accidentes intersecciones en Tee	62
Tabla 5-2: Resultados estimación frecuencia de accidentes intersecciones en Cruz	64
Tabla 5-3: Bondad de ajuste intersecciones de tres accesos	75
Tabla 5-4: Bondad de ajuste intersecciones de cuatro accesos	75
Tabla 6-1: Estadísticos descriptivos variables incluidas en SPFs	77
Tabla 6-2: Resultados regresión BN accidentes solo daños	78
Tabla 6-3: Resultados regresión BN accidentes	79
Tabla 6-4: Explicación variables significativas accidentes solo daños	80
Tabla 6-5: Explicación variables significativas accidentes fatales y con heridos.	81

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Del ingles)-Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo.
CFPV	Corporación Fondo de Prevención Vial.
CISALVA	Instituto de Investigación y Desarrollo en Prevención de Violencia y Promoción de la Convivencia Social.
CMF	Crash Modification Factors (Del ingles)-Factores de modificación de accidentes.
CPM	Crash Prediction Module (Del inglés)-Modulo de predicción de accidentes.
Cr	Factor de calibración local o geográfica.
FHWA	Federal Highway Administration (Del ingles)- Administración federal de carreteras de los Estados Unidos de América.
FI	Fatal & Injury (Del ingles)- Denota accidentes de tránsito con lesionados o fatalidades.
HSM	Highway Safety Manual (Del ingles)- Manual de seguridad Vial.
IHSDM	Interactive Highway Safety Design Model (Del ingles)-Modelo interactivo de diseño de seguridad de carreteras.
INMLCF	Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

Abreviatura	Término
INVIAS	Instituto nacional de vías.
iRAP	International Road Assessment Program (Del ingles)-Programa internacional de evaluación de carreteras.
PDO	Property Damage Only (Del ingles)- Denota accidents de transito con solo daños a la propiedad.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
PIB	Producto Interno Bruto.
SPF	Safety Performance Function (Del ingles)-Función de desempeño de la seguridad vial.
TPD	Transito Promedio Diario.

Introducción

El transporte ha sido y será una de las actividades imprescindibles en la cotidianidad de las sociedades, dado que el desplazamiento de un lugar a otro de personas u objetos permite satisfacer las necesidades de abastecimiento, comunicación y la realización de múltiples labores. Para que esto sea posible, se requiere en términos generales de una infraestructura, la cual debe de ser eficiente en su función facilitadora del transporte, en este punto toma importancia la formación técnica y científica en el ámbito de la ingeniería, pertinentemente, en el campo de la infraestructura vial y los sistemas de transporte.

Los grandes retos actuales en cuanto a transporte se refieren, se dan en las ciudades, esos grandes asentamientos poblacionales en los que día a día se realizan abundancia de viajes, ya que las personas de la urbe deben movilizarse para llevar a cabo sus ocupaciones, sean laborales, académicas, recreativas o de cualquier índole, además de considerar el transporte de carga para el suministro de bienes y servicios, estos recorridos deben realizarse sobre una limitada red vial, que debe cumplir eficazmente su función. Por consiguiente, la ingeniería debe contribuir a la sostenibilidad de la ciudad, entendiéndose esta última como aquella que ofrece una alta calidad de vida a sus habitantes, que reduce sus impactos sobre el medio natural y que encuentra en constante desarrollo; el aporte ingenieril se daría respecto de la sostenibilidad de las infraestructuras viales logrando la equidad social en los usuarios, mejorando la calidad de vida proveyendo mejor movilidad y seguridad.

Sin embargo, los avances en el transporte, traen consigo múltiples externalidades, entre las que se encuentra la congestión, la contaminación ambiental y la inseguridad vial, que además de ser una consecuencia negativa del transporte, se convierte en un grave problema de salud pública, que insta a analizar y buscar soluciones que prevengan y reduzcan las cifras y gravedad de los incidentes viales.

Por consiguiente, la reducción de los accidentes en las carreteras ha sido una de las tareas más importantes para los ingenieros de vías y transporte mientras se encuentran en el proceso de planificación, diseño, construcción y mantenimiento. Proporcionar un entorno de conducción segura es no sólo una responsabilidad, sino también la más alta prioridad para todos los proyectos de carreteras.

En la actualidad, para reducir el riesgo de accidentes en las carreteras, es necesario completar las normas y guías de diseño geométrico con adecuados análisis respecto de la seguridad esperada. Este análisis puede hacerse mediante inspecciones o auditorías de seguridad vial, evaluación de la coordinación planialtimétrica, análisis de consistencia del diseño o estimación de accidentes, entre otras opciones.

Dentro de la infraestructura vial, las intersecciones se presentan como principales generadores de inseguridad vial, dados los conflictos entre las maniobras de múltiples accesos; por esto, estudios recientes sobre modelos econométricos de seguridad vial en Medellín han recomendado, entre sus políticas de seguridad vial, la evolución de tipo de intersecciones hacia su semaforización por el aporte favorable en la seguridad vial. Para la concepción eficiente de intersecciones es importante la evaluación de su proyecto y la comparación de alternativas de mejoramiento de la seguridad vial.

En resumidas cuentas, el crecimiento del número de accidentes en las carreteras de Colombia ha generado preocupación por la falta de su comprensión y medidas que lo mitiguen. Con el interés de conocer su comportamiento y análisis se ha optado por la adaptación de procedimientos predictivos de la frecuencia y tipo de accidente que ha sido creado y utilizado con éxito en EEUU para la prevención de la ocurrencia de estas colisiones como se registra en el Manual de Seguridad de Carreteras (HSM). La aplicabilidad de esos procedimientos en países en vías de desarrollo, donde las condiciones son diferentes, depende de su adaptación al medio lo cual constituye uno de los objetivos de este trabajo, evaluar la aplicabilidad del Módulo de Predicción de Colisiones (CPM) del Modelo Interactivo de Diseño de Carreteras Seguras (IHSDM) para intersecciones urbanas en condiciones de tránsito, diseño geométrico e historial de accidentalidad propias de Colombia.

Por consiguiente, es pertinente abarcar la conocida metodología propuesta en el HSM y deducir su transferibilidad y facilidad de calibración para condiciones Colombianas, sin embargo, para alcanzar este objetivo se requiere de una considerable cantidad de datos e información que podrían escasear en el medio y que abren la posibilidad de emprender el camino de desarrollar un modelo de seguridad propio para las intersecciones en Colombia, siendo los SPF una valiosa alternativa, ya que estas funciones son obtenidas mediante técnicas estadísticas ampliamente utilizadas y documentadas en el campo de la seguridad vial y en el estudio del comportamiento de la accidentalidad y la frecuencia de colisiones, como lo son los modelos binomial negativo o Poisson, siendo este, otro de los objetivos a alcanzar mediante este proyecto investigativo.

En conclusión, con esta investigación se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿La disponibilidad de datos sobre accidentalidad e infraestructura vial en Medellín permitirá alcanzar una calibración aceptable del módulo de predicción de accidentes del IHSDM?, ¿La obtención de funciones de desempeño de seguridad vial bajo condiciones locales representa efectivamente las condiciones de accidentalidad en intersecciones Colombianas?, ¿La creación de modelos de seguridad vial propios para Colombia logra estimaciones confiables de accidentalidad en intersecciones urbanas semaforizadas? Y ¿Qué tareas hacen falta aplicar en un país en vía de desarrollo para facilitar la aplicación y calibración de modelos de estimación de accidentes desarrollados en otros países y la creación de modelos propios?

Para esto, se plantea como objetivo principal la elaboración de modelos de seguridad vial en intersecciones semaforizadas en Medellín, planteando escenarios de simulación que incluyan variables de diseño geométrico, geografía, tipo de infraestructura, historial de accidentalidad y volumen de tránsito propios de la ciudad, evaluando la aplicabilidad del módulo de predicción de accidentes del IHSDM bajo condiciones base, en intersecciones urbanas semaforizadas en Colombia y finalmente determinando funciones de desempeño de seguridad vial (SPF) de las intersecciones de Medellín.

Cimentados en lo anterior, la metodología propuesta para la evaluación de aplicabilidad, requiere considerar un conjunto de intersecciones de las cuales se requiere información del trazado, tránsito, parque automotor, accidentes ocurridos, entre otros, para aplicar el método predictivo del HSM y concluir la aplicabilidad del modelo al relacionar la cantidad

de colisiones simuladas con las ocurridas en el conjunto de intersecciones de estudio, posteriormente y con el fin de obtener las funciones de desempeño de seguridad propias para intersecciones urbanas semaforizadas en Medellín, se ordenarán, sintetizarán y procesarán datos de volúmenes de tránsito, bases de datos de accidentalidad e información de la red vial de Medellín, correlacionando la información y creando un modelo de frecuencias de accidentes y unas curvas SPF mediante un modelo binomial negativo, que muestre las variable con mayor significancia en la accidentalidad de intersecciones semaforizadas de Medellín; posteriormente realizando conclusiones y recomendaciones que sirvan para crear nuevos modelos de seguridad vial en jurisdicciones similares a la usada en el caso de estudio y bajo insuficiencia y precariedad en la disponibilidad de datos, además de abrir un camino para continuar en la gestión de la seguridad vial en Colombia mediante los modelos de accidentalidad, en el que contemplen nuevas variables y se procure por la mejora de la calidad de la información.

Se espera, en el corto plazo, que los resultados de aplicar esta metodología mediante un estudio de caso en la ciudad de Medellín, permitan justificar la aplicabilidad de estos modelos para la predicción de colisiones y mejora de la seguridad vial, esto permitiría disponer de una herramienta para el diseño de vías más seguras.

1.El problema de la inseguridad vial

Los países en vía de desarrollo han presentado en la última década un creciente progreso en términos industriales, productivos y económicos debido a los efectos de la globalización y del comercio internacional, por lo cual se han visto en la necesidad de ampliar y mejorar las infraestructuras viales y las redes de comunicación que faciliten el transporte eficiente de personas y mercancías; adicionalmente, existen mayores facilidades para la adquisición de vehículos lo que ha llevado a un incremento desmedido del parque automotor. Colombia no es ajeno a esta tendencia, por lo que ha existido un aumento considerable en el tráfico lo que induce a un proporcional crecimiento de los accidentes, trayendo consigo mayores casos de muertes, lesiones y daños materiales; teniendo especial contribución las áreas urbanas, en las cuales existe un registro más elevado de fatalidades y lesionados en accidentes de tráfico cada año, y concibiendo que la mayoría de estos sucesos se dan en las intersecciones, se evidencia aquí una fuente principal generadora de muertes en incidentes viales.

Los accidentes de tránsito son considerados como importante causa de mortalidad y lesiones alrededor del mundo generando un impacto negativo en la sociedad, en la economía y en la calidad de vida de las personas. Cada año mueren 1,23 millones de personas por accidentes de tránsito y resultan heridas alrededor de 50 millones de personas; las proyecciones indican que estas cifras podrían aumentar en los próximos 20 años si no se asume un compromiso orientado a la prevención de estos eventos [1].

Siguiendo con lo publicado en el 2015 por la Organización Mundial de la Salud en su último informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, se destaca que es recurrente que las tasas de mortalidad por inseguridad vial por 100.000 habitantes sean inversamente proporcionales a los ingresos de los países. Es así, que los países con ingresos bajos concentran el 12% de la población mundial, representan el 12% de las muertes en

accidentes de tránsito y se estima que cubren el 1% de la motorización mundial; de igual forma, los países de ingresos medios, de los cuales hace parte Colombia, concentran el 72% de la población mundial representando el 80% de las muertes; sin embargo, en su territorio concentran el 52% de los vehículos por cuanto en un análisis de mortalidad por tasas de motorización, estos países obtienen los más altos indicadores.

La muerte por incidentes viales en América Latina y el Caribe, incluyendo los decesos en el sitio o hasta los 30 días después del accidente se aproxima a 100.000 muertes por año; de los cuales Colombia aporta oficialmente para el año 2015, 7.280 personas [3] o aproximadamente un 7% de las fatalidades del sector, lo cual podría considerarse un porcentaje representativo teniendo en cuenta que América Latina y el Caribe cuentan con 46 países.

En 2016 el Instituto Nacional de Medicina Legal reporta para Colombia 52.536 casos atendidos por accidentes de tránsito; las lesiones fatales corresponden a un total de 7.280 personas fallecidas (13,86 %) y las lesiones no fatales representan un total de 45.256 personas lesionadas (86,14 %). Es preocupante que se conserva la tendencia creciente de los últimos años, tanto así, que el número de muertes para este año es el mayor de la última década e incluso es la cifra más alta de muertes en el siglo XXI. Es así, que para el 2016 las muertes de accidentes de transporte se incrementaron en 5,75 % con respecto al 2015, a su vez 27,63 % con respecto al 2010. En cuanto a víctimas no fatales durante el año 2016 presenta un descenso de heridos por accidentes de transporte de 1,20 % comparado con el año 2015 y un aumento de 15,63 % con respecto a 2010. El análisis espacial destaca en Colombia un problema de inseguridad vial mayoritariamente urbano, en el año 2016 las fatalidades de tránsito en esta área representan el 57 % del total de la nación, asimismo, en cuanto a heridos, se siguen teniendo connotaciones predominantemente urbanas; para el 2016 el 93,13 % de los heridos ocurrieron en zonas urbanas, mientras que en la zona rural se concentra el 6,54 % de los casos [3].

En términos de muertes por 100.000 habitantes, Colombia para el año 2016 cuenta con una tasa de 14,93 muertes; al igual que el año pasado comparado con cifras internacionales el país presenta una tasa de mortalidad ubicada entre la tasa de la región europea (9,3) y muy cercana a la tasa de la región de las américas (15,9); respecto a los

lesionados, no se presentan mayores variaciones en la última década con una estabilidad de valores cercanos a los 90 heridos por cada 100.000 habitantes [2]. Todo esto muestra la gran influencia que tienen los accidentes de tráfico en la mortandad de los colombianos, siendo la octava causa de muertes en el país [4]. El ámbito local no es menos preocupante, el departamento de Antioquia aporta la mayor cantidad de muertes en incidentes de tránsito del país con 1026 decesos, representando el 14.09 % de la nación y representa el 11.22 % en la cifra de lesionados con 5079 casos, siendo Medellín la ciudad con mayores cifras de accidentalidad del departamento con 275 casos de muertes y 2725 casos de lesionados, convirtiéndose a su vez en la tercera ciudad del país con mayor inseguridad vial, después de Bogotá y Cali [3].

La ciudad de Medellín no es ajena a la problemática global de inseguridad vial y a pesar de tener avances en este tema y lograr reducir los valores en algunos ítems de accidentalidad, la situación sigue siendo preocupante; según el último informe anual de accidentalidad expedido para el 2014 por la Secretaría de Movilidad de Medellín, en el año 2014 la tasa de accidentes con muertos por cada 10.000 vehículos presentó un descenso del 9,4% con relación al año 2013, mientras que en el año 2013 presentó un aumento del 2,4% con relación al año 2012. Respecto a cifras absolutas de accidentalidad, en el año 2014 (45.410 accidentes) se registró un descenso en accidentes de tránsito de 6,9% frente al año 2013 (48.750 accidentes), mientras que en el año 2013 registró un incremento del 4,7% respecto al 2012 (46.568 accidentes) y en el año 2012 registró un aumento del 11,1% con respecto al 2011 (41.907 accidentes), en cuanto a la cantidad total de muertes, en el año 2014 (290 muertes) registró un descenso del 5,2% en el número de muertos frente al año 2013 (306 muertes), el año 2013 registró un aumento del 10,1% respecto al 2012 (278 muertes) y el año 2012 registró un descenso del 9,4% con respecto al 2011 (307 muertes). Con relación al año 2011, en el año 2014 se registró un descenso del 5,5% en el número de muertos en accidentes de tránsito. Los usuarios más vulnerables en los accidentes urbanos siguieron siendo los peatones y motociclistas, para el año 2014 los peatones representaron el 47,6% de los muertos en accidente y los usuarios de moto (conductores y pasajeros) representaron el 43,4%, aun así, los peatones muertos en accidentes de tránsito registraron un descenso del 0,7% con relación al año anterior, mientras que los usuarios de moto (conductores y pasajeros) registraron un descenso del 6,0% [5].

Una problemática que se discutió en un aparte anterior, hace referencia a una de las principales fuentes de fatalidades en accidentes de tránsito, la cual es los incidentes que tienen lugar en vías urbanas; para respaldar esto, tenemos que Colombia, a lo largo de los análisis hechos año a año, se ha caracterizado por que la inseguridad vial se presenta mayoritariamente en zonas urbanas. En 2007 la mortalidad en zonas urbanas alcanzaba órdenes de 70% de participación, en el 2012 de 61,8% y en el 2016 el porcentaje alcanza el 57%; estas cifras presentan reducciones alentadoras, aun así, se evidencia claramente que la problemática de la inseguridad vial ahonda más fuertemente en las áreas urbanas, mostrando mayor claridad las cifras de morbilidad, para el 2012 el 88,1% de los casos de heridos ocurrieron en estas zonas; para el 2014 aumentaron a 93,60% (41.346 casos) y ascienden a 42.754 casos para el año 2015, representando el 93,13% de la totalidad de estos [3].

Dado lo anterior, se puede concluir que la probabilidad de morir en un incidente ocurrido en una vía rural es bastante alta con respecto a sus semejantes urbanos, esto se puede derivar de las condiciones que priman en estas vías interurbanas, tales como: las altas velocidades, el alineamiento horizontal de la carretera, visibilidad, zonas laterales, entre otros. Aun así, el grueso de los incidentes viales se registra en zonas urbanas y con ellos, una mayor cantidad de heridos y discapacitados producto de estos hechos; lo que genera un amplio conjunto de inconvenientes, como lo son la asignación de mayores inversiones de energía y dinero en la atención de las colisiones, gastos médicos, congestión vial, además de las consecuencias que conllevan para los lesionados sufrir de un accidente de tránsito. Lo anterior, junto al hecho de que las intersecciones son los puntos negros de accidentalidad, que la cantidad de vías urbanas priman en la malla vial del país, que los centros urbanos acogen la pluralidad de población y una inmensa cantidad de viajes por diferentes razones y en modos de transporte diversos, justificaría el hecho de elegir inicialmente este tipo de infraestructura al emprender un trabajo de análisis, calibración o creación de modelos de seguridad vial.

Además de las implicaciones en la salud de las personas, en términos económicos los accidentes de tráfico tienen una gran influencia; Juan Bocarejo, de la Universidad de los Andes en un trabajo para el CFPV, desarrolló un método para valorar costos económicos de los incidentes viales en Colombia en el trienio 2008-2010; se estimó que el país perdió

cada año por incidentes viales casi 1% del PIB, unos 3 mil millones de dólares de 2010, en pesos 6 billones, una cifra equivalente ese año al 4% del presupuesto nacional [6] ,adicional a esto, Kavi Bhalla, desde Harvard para el BID y con el apoyo de CISALVA en Cali, calculó con varios métodos que en pesos de 2010 los incidentes viales en Colombia costaron 1,6% a 3,1% del PIB, o sea de 9 a 16 billones (2,3% del PIB en 2010) [7].

Son tantas las implicaciones que tiene el fenómeno de accidentalidad vial respecto a la salud pública y a la economía de las naciones, que los diferentes entes gubernamentales se han motivado por incentivar acciones que mejores las condiciones de inseguridad vial, respaldando esto con el establecimiento del Decenio de acción para la seguridad vial (2011-2020) erigido por la ONU y en Colombia con la creación del Plan Nacional de Seguridad Vial (2013-2021), este último busca estimular la creación de políticas de reducción de la accidentalidad en Colombia, mediante soluciones propuestas en un ámbito multidisciplinar por todos los actores que pueden contribuir, entre esos esta la academia y como parte de ella, se tiene responsabilidad en el desarrollo de investigaciones y nuevos conocimientos referentes a la seguridad vial, tal como se propone hacer en este proyecto al estudiar modelos de gestión de la seguridad vial que buscan en su propósito final, la reducción de víctimas en incidentes de tránsito, tomando valor dada la ausencia de manuales de seguridad vial y de estudios de este tipo en el país.

El campo de la ingeniería tampoco ha escatimado esfuerzos en buscar soluciones a los múltiples problemas de inseguridad vial; especialmente en los países desarrollados se han venido desarrollando modelos de predicción de accidentalidad vial y herramientas computacionales que prestan invaluable apoyo al análisis, planeación y evaluación de los incidentes de tránsito en los proyectos de infraestructura vial; los inconvenientes radican en que estos esfuerzos por mejorar la seguridad vial se han desarrollado para condiciones específicas de cada país, lo que dificulta su aplicabilidad en un entorno donde existan diferencias considerables a las condiciones de los sitios para los que fueron establecidos; este es el caso de un país como Colombia donde existen importantes diferencias en el entorno vial, la conducta de los usuarios de las vías, la infraestructura, las características de accidentalidad, entre otros aspectos que difieren a las condiciones típicas de infraestructura y operación vial de los países que han desarrollado herramientas para mejorar la seguridad vial, evidenciando como se reitera que el uso indiscriminado de

modelos de seguridad vial desarrollados en otros países posiblemente no arrojaría resultados satisfactorios para un país ajeno.

Respaldando la idea anterior, tenemos el ejemplo del Manual de Seguridad Vial de los Estados Unidos (HSM) que propone varios modelos para predecir la frecuencia y distribución de accidentes en carreteras rurales de dos carriles, rurales multicarril y en arteriales urbanas y suburbanas [8]; los mismos que han sido incluidos en el IHSDM de la FHWA mediante el módulo de predicción de accidentes (CPM) [9]. Sin embargo, la estimación de accidentes según el Manual de Seguridad Vial (HSM) se basa en el promedio de accidentes previstos para las condiciones base, afectados por los factores de modificación de accidentes (CMF) y por un factor de calibración para condiciones locales y geográficas; estos modelos se desarrollaron con estadísticas de accidentes de tránsito principalmente de los Estados Unidos con condiciones locales y geográficas propias del lugar, por lo que, para calcular los accidentes esperados en una vía bajo cualquier otra condición diferente es necesario calibrar el modelo.

Aun así, se vienen ajustando los modelos desarrollados a nivel mundial a las características locales, regionales y nacionales en varios países, que aunque difieren en proporciones de accidentes, presentan similitud en cuanto a factores contribuyentes y al mecanismo del accidente, ; siguiendo con esta idea, es importante que en Colombia se comience la labor de adaptación de estos manuales a sus condiciones típicas de geometría, geografía e infraestructura vial, por lo cual en este proyecto se busca centrar esfuerzos en ajustar estos modelos a las intersecciones urbanas en Colombia y además de esto, crear modelos de seguridad propios para el país.

Por consiguiente, el aporte de este proyecto dado su alcance se centra en calibrar el Modulo de Predicción de Accidentes del IHSDM y contribuir a la evaluación de proyectos de infraestructura vial en Colombia, partiendo del caso de estudio de la ciudad de Medellín; dado que el CPM es avalado por la inmensa investigación y desarrollo tecnológico de la FHWA mediante el HSM, se podría considerar como el soporte adecuado para realizar la estimación de accidentes para carreteras colombianas, además de esta afirmación, se cuenta con múltiples estudios que dan fe de la utilidad del CPM como modelo de predicción de accidentalidad y algunos estudios han evidenciado la mejoras que se tienen al realizar

calibraciones. Sin embargo otros han descrito dificultades en adaptar y transferir este método predictivo a sus jurisdicciones, siendo más conveniente en muchos casos crear modelos propios que representen adecuadamente la seguridad vial del lugar geográfico en el que se aplique; esto se puede alcanzar mediando la obtención de SPF o funciones de desempeño de seguridad, que se obtienen ajustando las condiciones de disponibilidad de información, historial de accidentalidad, geografía y singularidades propias de cada región, evidencia de estos casos se muestran en la sección de antecedentes (capítulo 2.2) del presente manuscrito.

Como se mencionó en un aparte anterior, para la correcta modelación de la seguridad vial es indispensable contar con bases de datos completas y continuas, que permitan dar seguimiento al comportamiento de la accidentalidad y de los fenómenos relacionados con la seguridad vial, inicialmente identificando falencias y factores con especial significancia en los incidentes viales y posteriormente, sirviendo para evaluar la efectividad de las medidas tomadas para menguar este problema. Sin embargo, la calidad de la información disponible en el medio es escasa, incompleta e intermitente, constituyéndose en la principal dificultad a la hora de emprender un proceso de modelación, ya que es sabido que para lograr una calibración adecuada o creación de un modelo lo más importante es contar con información y datos de entrada suficientes que aseguren la menor cantidad de incertidumbre posible.

No obstante, se debe asumir el reto y buscar maneras de sobrellevar este tipo de dificultades, una manera de hacerlo es aprovechar la limitada información existente, procurando sintetizar y analizarla de la mejor manera. Por ende, a pesar de que Colombia no es un país conocido por contar con complejos sistemas de bases de datos, si existe algunas herramientas y organizaciones que procuran levantar información valiosa que podría ser base de estudios que mejoren la toma de decisiones en el campo de la infraestructura vial específicamente, tales como las secretarías de movilidad y las inspecciones de tránsito, además de los sistemas de información geográfica.

2.Revisión bibliográfica

La necesidad de crear modelos de seguridad vial en países en vía de desarrollo como es el caso de Colombia incentiva el debate de elegir entre crear, acoplar, transferir o calibrar modelos realizados en otros países y la creación de modelos propios desarrollados con conocimientos y modelos estadísticos; a la larga, esta decisión será la consecuencia de disponibilidad de datos e información con que se cuente.

2.1 Marco teórico

Abordando el primer camino mencionado, las principales investigaciones a nivel mundial acerca de la gestión de la seguridad vial y los modelos de predicción de accidentalidad, se han desarrollado principalmente en los Estados Unidos; el pilar más destacado es la creación del Manual de Seguridad Vial de los Estados Unidos (HSM)

2.1.1 HSM

Este documento publicado en el año 2010, es la síntesis de estudios e investigaciones de AASHTO y FHWA, su función es predecir el comportamiento respecto a la seguridad vial de una gama de alternativas de diseño geométrico y obras de infraestructura vial, además calcula los efectos cuantitativos de la seguridad y predice el comportamiento en intersecciones y segmentos de carreteras, mejorando substancialmente la toma de decisiones [10].

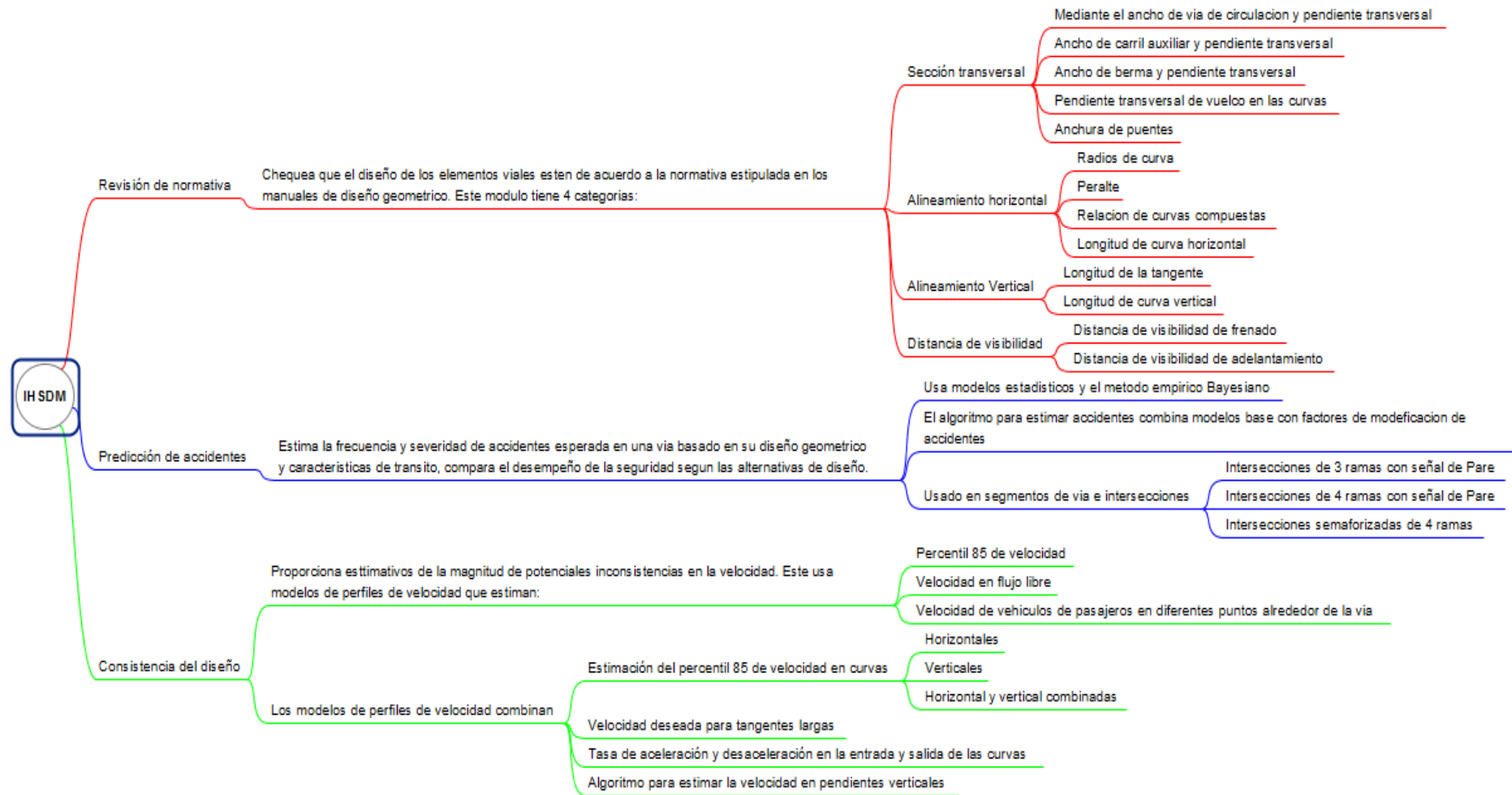
Específicamente, el Volumen 2 – Parte C del Manual de Seguridad Vial propone varios modelos para predecir la frecuencia y distribución de accidentes en carreteras rurales de dos carriles, rurales multicarril y en arteriales urbanas y suburbanas; los mismos que han sido incluidos en el IHSDM mediante el módulo de predicción de accidentalidad (CPM) [10].

2.1.2 IHSDM

El Modelo interactivo de diseño de seguridad de carreteras es un paquete informático desarrollado por la FHWA, con el objetivo de servir de ayuda en el proceso de diseño del trazado y de incorporar la estimación de la operación de los vehículos a dicho análisis; este cuenta con 6 módulos:

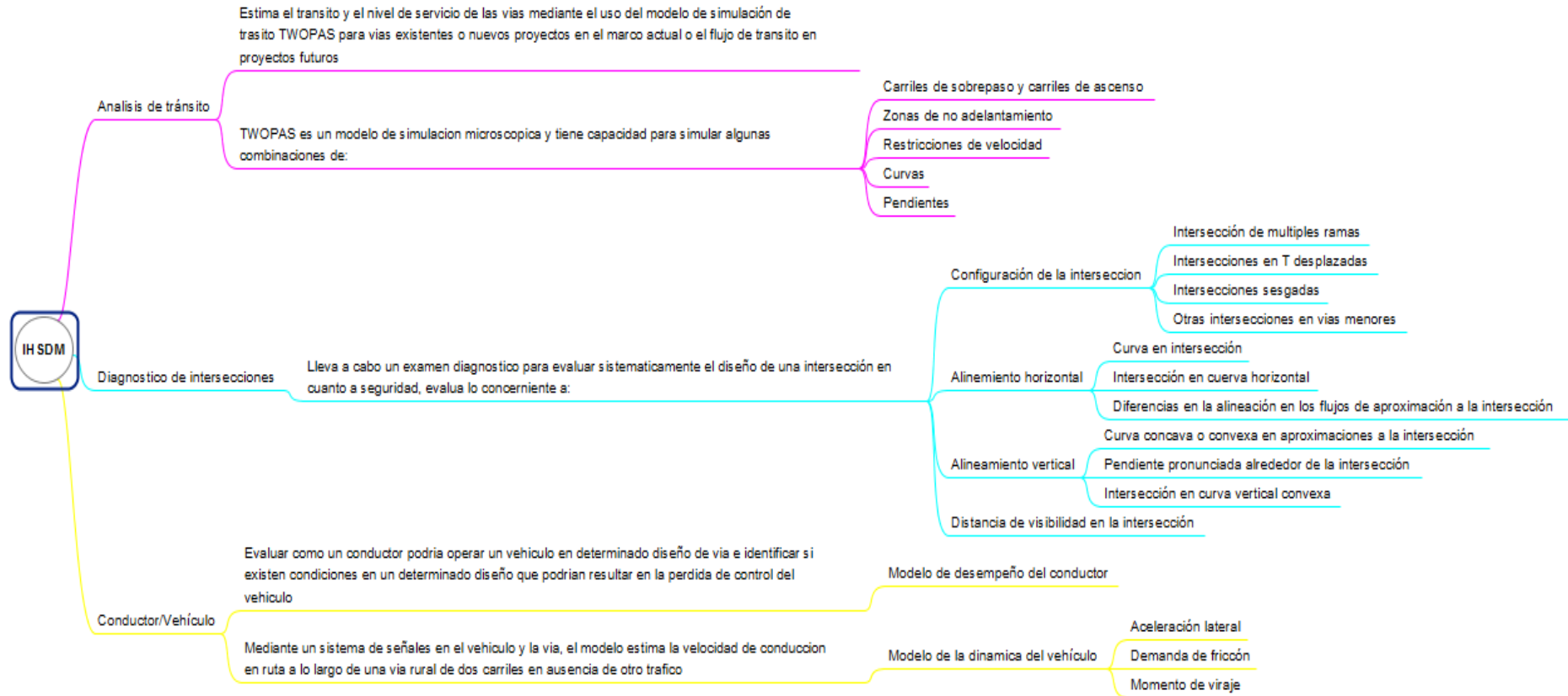
- Revisión del cumplimiento de la normativa.
- Predicción de accidentalidad.
- Análisis de la consistencia del trazado.
- Diagnóstico de intersecciones.
- Análisis de las condiciones de circulación.
- Análisis del comportamiento del conductor y de la dinámica del vehículo.

En la figura 2-1 se representa un resumen de la utilidad de cada uno de los módulos que comprenden el IHSDM:

Figura 2-1: Resumen módulos IHSDM

Elaboración propia a partir de [8].

Figura 2-1: (Continuación)



Elaboración propia a partir de [8].

IHSDM es una herramienta de evaluación de los impactos de seguridad y la valoración operacional de alineamientos de carreteras nuevos o existentes, útil en la toma de decisiones de diseño geométrico, aumentando al máximo los beneficios de seguridad de proyectos de carreteras dentro de las limitaciones de costo y consideraciones medioambientales entre otras.

IHSDM ayuda a los ingenieros de transporte y vías a localizar los segmentos de carreteras con altas frecuencias de accidentes para diseñar alternativas de mejora en su diseño geométrico. "IHSDM es una colección de herramientas de análisis para evaluar la seguridad y los efectos operacionales de decisiones del diseño geométrico en las carreteras rurales y las arterias e intersecciones urbanas." [8].

IHSDM puede ayudar a proyectistas y diseñadores a identificar y evaluar tratamientos para los problemas potenciales de seguridad en alineamientos existentes o proponer nuevas secciones de la carretera [9].

IHSDM viene siendo desarrollado por la FHWA desde 1993 y tiene diferentes versiones puestas a disposición gratuitamente para todos los usuarios, en años como 2004, 2007, 2008, 2010, 2012 pero las diferencias de una versión a otra son naturalmente acordes con desarrollos y transferencias tecnológicas, pues los modelos para la predicción de los accidentes y la estimación de velocidad siguen siendo los mismos. La versión de 2004 permitió trabajar no solo carreteras rurales de dos carriles sino adicionalmente carreteras multicarril y arterias urbanas; la versión de junio del 2009 ha equiparado el CPM con los modelos de predicción de accidentes del HSM y permite personalizar las hojas de trabajo. La presente investigación se desarrollará siguiendo los parámetros de la versión IHSDM 2012.

A pesar de que el IHSDM cuenta con 6 módulos, se profundizó en el de predicción de accidentes denominado CPM, que estima el número y severidad de accidentes en segmentos de carreteras e intersecciones, en carreteras rurales de dos carriles, carreteras multicarril y arterias urbanas, limitándose la investigación a intersecciones urbanas semaforizadas.

2.1.3 CPM y método predictivo

El CPM es una herramienta de gran ayuda en la evaluación de la seguridad y puede ser la base del conocimiento de ingenieros diseñadores de carreteras seguras. Como se mencionó el CPM cumple lo establecido en la parte C “Métodos de Predicción” del Manual de Seguridad de Carretera de Estados Unidos (HSM).

En la parte C del HSM, dentro del capítulo 12 se dan a conocer los pormenores del método de predicción de accidentes específicamente para arterias e intersecciones urbanas, las cuales son motivo de este estudio; en este capítulo se muestra la estructura metodológica para estimar la frecuencia promedio de accidentes esperada, la severidad de accidentes y los tipos de colisión para una intersección urbana con características conocidas. Este método predictivo puede ser aplicado a sitios existentes, alternativas de diseño en sitios existentes, nuevos sitios o para alternativas con volumen de tráfico proyectado. La estimación de frecuencia de accidentes puede hacerse para periodos de tiempo pasados (¿cuántos accidentes deberían haber ocurrido?) o para el futuro (¿cuántos accidentes se espera que ocurran?)

A grandes rasgos para la aplicación del CPM, se requiere información del diseño geométrico básico e información geográfica del sitio, el tipo de obra de infraestructura vial y la disponibilidad de la función de desempeño de seguridad (SPF) para el tipo de sitio; los Tránsitos Promedios Diarios Anuales (TPDAs) de periodos pasados, y las proyecciones para periodos futuros; diseño geométrico detallado del sitio y condiciones base para determinar si las condiciones del sitio varían de las condiciones base y por consiguiente aplicar los factores de modificación de accidente (CMF); y los datos de la historia de accidentes del sitio en estudio si están disponibles.

El método predictivo y el algoritmo del CPM para la predicción de accidentes, es el mismo para todos los tipos de infraestructura (vías rurales de dos carriles o multicarril, arterias urbanas, intersecciones urbanas o rurales), el cual está basado en 3 ítems: una función de desempeño de seguridad vial (SPF), unos factores de modificación de accidentes (CMF) y un factor de calibración local (Ci) [11].

La fórmula general para la estimación de la frecuencia de accidentes promedio en una intersección es (ver Ecuación (2.1), (2.2)):

$$N_{predicho} = C_i * (N_{bi} + N_{pedi} + N_{bikei}) \quad (2.1)$$

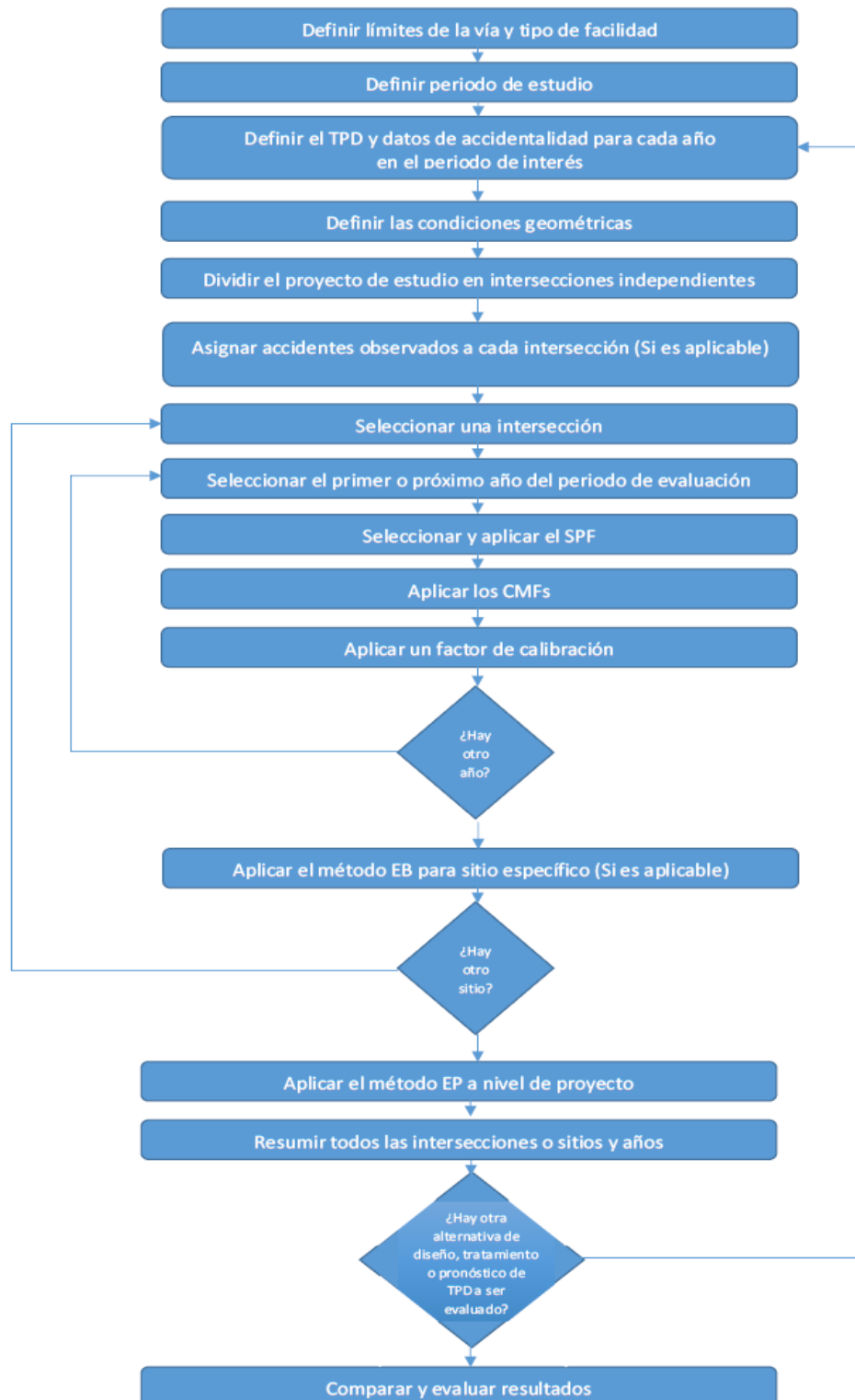
$$N_{bi} = N_{SPFint} * (CMF_{1i} * CMF_{2i} * ... * CMF_{6i}) \quad (2.2)$$

Donde:

- $N_{predicho}$ = Frecuencia de accidentes promedio pronosticada para un año específico para una intersección seleccionada;
- N_{bi} = Frecuencia de accidentes promedio pronosticada para un año específico para una intersección seleccionada, excluyendo colisiones peatón- vehículo y ciclista- vehículo;
- N_{SPFint} = Frecuencia de accidente promedio pronosticada determinada para condiciones base para una intersección;
- N_{pedi} = Frecuencia de accidentes promedio pronosticada de colisiones vehículo- peatón;
- N_{bikei} = Frecuencia de accidentes promedio pronosticada de colisiones vehículo- ciclista;
- C_i = Factor de calibración para intersecciones desarrollada para una jurisdicción particular o área geográfica;
- $CMF_{1i} ... CMF_{6i}$ = Factores de modificación para intersecciones.

El proceso mediante el cual se ejecuta el método predictivo se compone a grandes rasgos de 18 pasos, los cuales en algunas situaciones podrían ser menos, dado a la insuficiencia de datos o porque el paso no es aplicable a la situación que nos ocupa, pero en otras ocasiones se debe reiterar algunos pasos, esto dada la necesidad de evaluar varios sitios o evaluar condiciones en diferentes años. Además, el método predictivo puede ser repetido en el caso que se necesite extender la estimación de accidentes a varias alternativas de diseño, escenario con volúmenes de tránsito diferentes o para propuestas de opciones de tratamiento o rehabilitación vial permitiéndonos su comparación. El proceso del método predictivo se muestra en la figura 2-2.

Figura 2-2: Método predictivo del HSM



Elaboración propia a partir de [10]

▪ **SPF**

El modelo base o función de desempeño de seguridad (SPF) es un modelo de regresión estadístico que estima la frecuencia de accidentes para condiciones base y proporciona la actuación de seguridad de una intersección bajo condiciones nominales supuestas.

Para la manipulación de las funciones de desempeño de seguridad vial se requiere conocer inicialmente el tipo de infraestructura y la clasificación de las vías que hacen parte de la intersección, además de los datos de tránsito, que sería el Transito promedio diario anual (TPDA) de los accesos principales y secundarios (ya sea del año específico de estudio, de años anteriores para evaluar el comportamiento pasado de la intersección o la proyección del TPDA para realizar la predicción de frecuencia de accidentes en años futuros y evaluar posibles mejoras, la suma de todos los Volúmenes de Peatones que cruzan la intersección (en caso de no contar con esta información, se pueden tomar valores de la tabla 12-15 en la que se tiene en cuenta el nivel de actividad peatonal del área adyacente a la intersección) y el máximo número de carriles que tiene que cruzar el peatón.

Las condiciones base para intersecciones urbanas son:

- Carriles sin giro a la izquierda
- Carriles sin giro a la derecha
- Sin iluminación
- Sin control automático
- Sin parada de buses, Escuelas o establecimientos de venta de alcohol cerca de la intersección

El SPF para predecir la frecuencia promedio de accidentes en intersección está representada por la ecuación (2.3):

$$N_{SPFint} = N_{bimv} + N_{bisv} \quad (2.3)$$

Donde:

- N_{bimv} = número promedio de accidente de múltiples vehículos predicho para condiciones base.
- N_{bisv} = número promedio de accidente de un solo vehículo predicho para condiciones base.

Así, el SPF depende de factores de ajuste, que son aplicados determinando cuatro componentes de la frecuencia promedio de accidentes en la intersección:

$N_{bimv}, N_{bisv}, N_{pedi}, N_{bikei}$

Las ecuaciones para hallar estos valores son (ver ecuación (2.4), (2.5), (2.6), (2.7)):

$$N_{bimv} = \exp(a + b + \ln(TPDA_{maj}) + c * \ln(TPDA_{min})) \quad (2.4)$$

$$N_{bisv} = \exp(a + b + \ln(TPDA_{maj}) + c * \ln(TPDA_{min})) \quad (2.5)$$

$$N_{pedi} = N_{bi} * f_{pedi} \quad (2.6)$$

$$N_{bikei} = N_{bi} * f_{bikei} \quad (2.7)$$

Donde:

- $TPDA_{maj}$ = Volumen de tránsito promedio anual diario del acceso principal (vehículos por día)
- $TPDA_{min}$ = Volumen de tránsito promedio anual diario del acceso secundario (vehículos por día)
- a, b, c = coeficientes de regresión (diferentes para colisiones de múltiples vehículos y colisiones de un solo vehículo)
- f_{pedi} = factor de ajuste para accidentes con peatones
- f_{bikei} = factor de ajuste para accidentes con ciclistas

▪ **CMFs**

Los factores de modificación ajustan las predicciones a los efectos en la seguridad producidos por las condiciones específicas del sitio considerando el diseño geométrico y

las características de control de tránsito. Cualquier característica asociada a una mayor frecuencia de accidentes tendrá un valor mayor a 1 y viceversa.

Para intersecciones urbanas o suburbanas, el HSM proporciona 6 factores de modificación, los cuales van de acuerdo a la modificación de la vía de estudio respecto a las condiciones base; cada uno de estos factores cuenta con una abundante cantidad de estudios y desarrollos tecnológicos que han permitido agruparlo y tabularlos en el HSM en su Parte D [9]. Estos son:

- Carriles Giro a la Izquierda: 1i
- Tipo de Giro a la Izquierda: 2i
- Carril Giro a la Derecha: 3i
- Giro a la Der en Rojo: 4i
- Iluminación: 5i
- Cámaras: 6i

- **Ci**

El factor de calibración Ci, ajusta el número de accidentes totales y modifica las proporciones relativas de accidente. El factor de calibración se usa para escalar el modelo de predicción y ajustarlo mejor a los datos observados. Los factores de calibración deben obtenerse separadamente en función del tipo de carretera o intersección, región, terreno y categorías de volúmenes de tránsito. La obtención de un valor de calibración mejora la estimación del modelo predictivo entre jurisdicciones diferentes, esto debido a las diferencias existentes entre una región y otra en cuanto a el clima, población conductora, población animal circundante y reportes históricos de accidentalidad.

El valor nominal del factor de calibración en el caso de que los accidentes estimados mediante el método predictivo sean iguales a los accidentes observados en los registros de accidentalidad es 1.00, cuando hay más accidentes observados que estimados el cálculo del factor de calibración será superior a 1.00 y en el último escenario, en que el número de accidentes observado sea menor a los accidentes estimados mediante el método predictivo del HSM, el factor de calibración será inferior a 1.00.

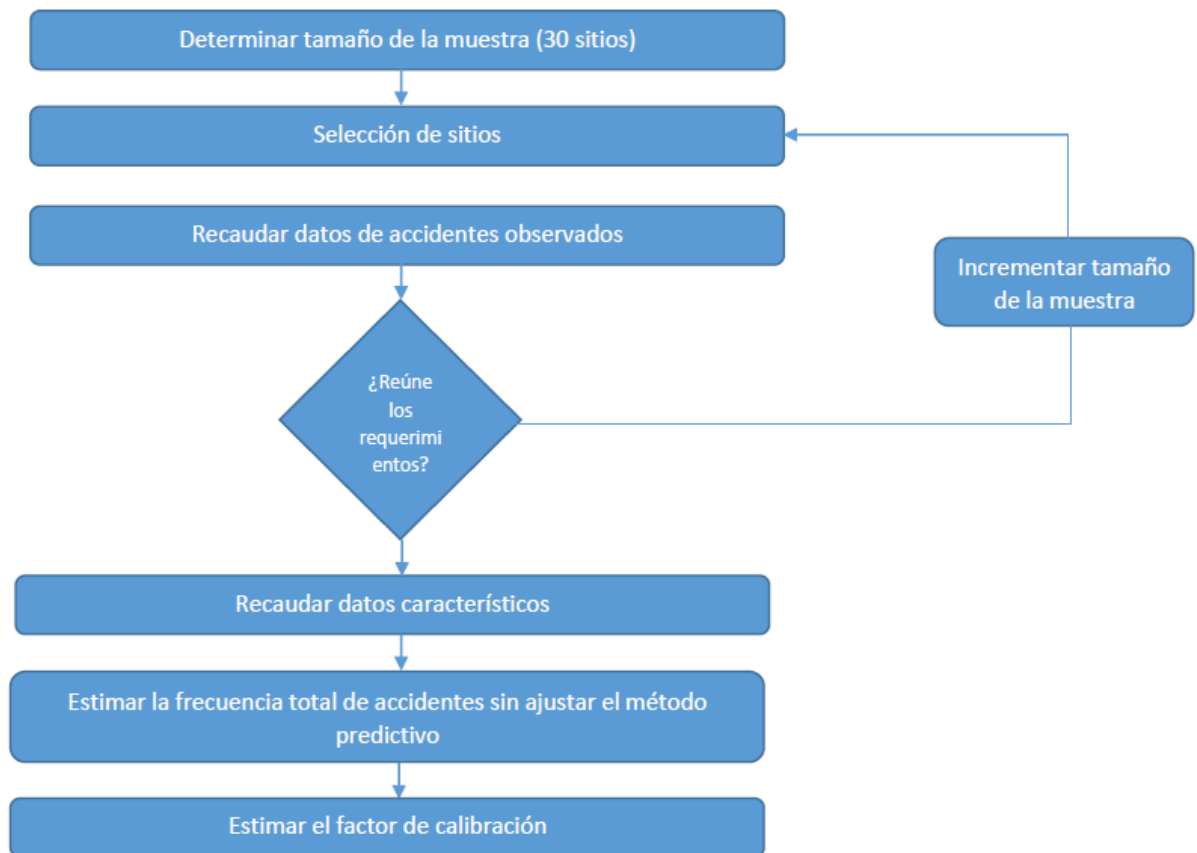
2.1.4 Calibración del modelo predictivo del HSM

Dado que los modelos, funciones y datos que componen el método predictivo del HSM han sido desarrollados para una serie de territorios específicos y en unas condiciones base establecidas, es recomendable realizar un proceso de calibración con el fin de incluir las particularidades de cada jurisdicción donde se aplicarán los procedimientos de estimación de accidentes y lograr una mejor precisión en las predicciones.

Por esto, el proceso de calibración del modelo predictivo para la estimación de accidentes de tránsito expuesto en la Parte C del HSM es descrito en el Apéndice A del manuscrito mencionado; allí se propone abordar el proceso de calibración mediante: hallar el factor de calibración local, desarrollar una función de desempeño de seguridad vial para cada jurisdicción y por medio de la sustitución de los valores seleccionados en el método predictivo a las condiciones locales de cada jurisdicción.

- **Factor de calibración local (C_i)**

El proceso para hallar el factor de calibración local se resume en la figura 2-3. En esta se presenta el diagrama de flujo del proceso de calibración en un proyecto. El proceso de calibración para todos los tipos de infraestructura se basa en este diagrama. Los detalles del mencionado proceso se evidencian más adelante.

Figura 2-3: Proceso de cálculo Ci

Elaboración propia a partir de [10]

A grandes rasgos el proceso para hallar el factor de calibración involucra 5 pasos:

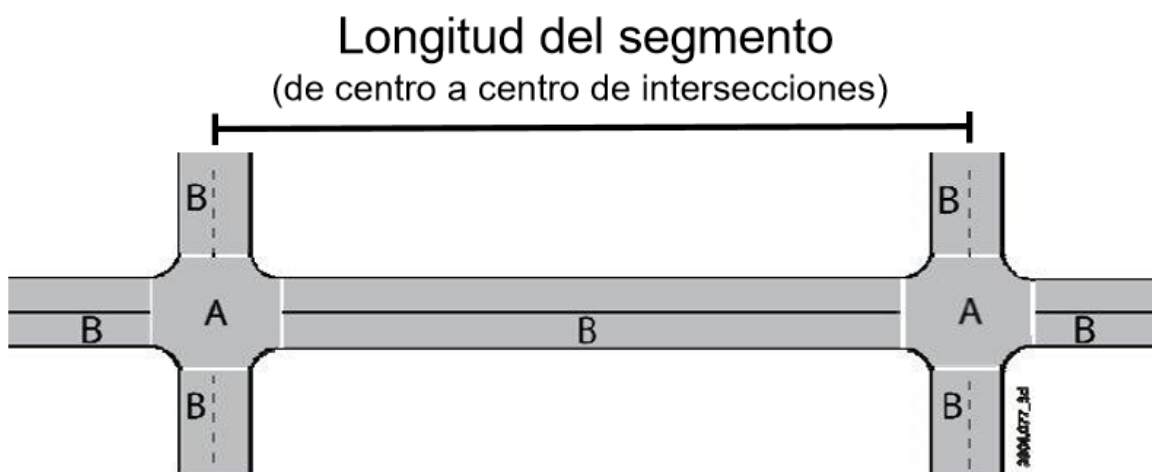
1. Identificar el tipo de infraestructura para el cual la aplicación del modelo predictivo será calibrado; este ítem se refiere a la selección del tipo de infraestructura a intervenir, en la que la Parte C del HSM nos proporciona varias alternativas, entre las que se encuentran: segmentos de vías rurales de 2 carriles sin separador central, segmentos de vías rurales multicarril con o sin separador, segmentos de vías urbanas o suburbanas de dos carriles y multicarril con o sin separador central, intersecciones semaforizadas o con control de pare en la vía secundaria para vías urbanas, suburbanas y rurales, tanto para 3 como para 4 accesos.

El alcance del presente proyecto investigativo se centrará en el tipo de infraestructura

concerniente a intersecciones urbanas; siendo pertinente aclarar antes algunos conceptos que se tendrán en cuenta, como lo son: área rural y la definición de un segmento de carretera y una intersección.

Se entenderá como área rural todos los lugares por fuera del límite urbano o los lugares en que la población residente sea de 5000 personas o menos; y la definición de segmento de carretera e intersección se ilustrara mediante la figura 2-4, esta definición toma importancia al momento de asignar los accidentes de tránsito, por lo que tenemos que los accidentes ocurridos en la zona A se asignaran a la intersección, pero los accidentes registrados en la región B pueden ser asignados a la intersección o al segmento; por lo cual la asignación de accidentes en la región B debería ser determinada por el análisis de las características del accidente.

Figura 2-4: Definición de segmento de carretera e intersección



Elaboración propia a partir de [10]

2. Seleccionar sitios para calibrar el modelo predictivo para cada tipo de infraestructura.

El HSM sugiere que para obtener un adecuado valor de Cr se utilice una muestra entre 30 y 50 sitios o intersecciones (de 3 accesos o de 4 accesos) en las cuales exista registro de al menos 100 accidentes anuales, además de los TPDA para cada año de estudio (El HSM recomienda 3 años) y el número de accidentes ocurridos en cada

intersección para el periodo de estudio, no es vano añadir que también se incluyen los accidentes que no se encuentren específicamente en el área de la intersección, pero que si hayan sido ocasionados por la presencia de esta. Vale aclarar que es deseable que los sitios utilizados para la calibración sean razonablemente representativos al lugar en donde el modelo de predicción va a ser utilizado.

3. Obtener datos de cada sitio o intersección para el periodo específico de calibración. Los datos requeridos serian de tipo geométrico y de infraestructura:

- Numero de accesos.
- Tipo de control de tránsito.
- Numero de accesos con carriles de giro a izquierda.
- Numero de accesos con carriles de giro a derecha.
- Presencia de iluminación.

De tránsito y accidentalidad:

- TPDA de cada año a estudiar, tanto del acceso principal como de los secundarios.
- Número de accidentes observados en cada sitio durante varios años.

Además, hay otros datos que no son obligatorios, pero si recomendables:

- Volumen peatonal.
- Máximo número de carriles que el peatón cruza en un acceso.
- Presencia de paradas de bus a 1000 ft
- Presencia de paradas de escuelas a 1000 ft
- Presencia de establecimientos de venta de alcohol a 1000 ft

El HSM hace la recomendación de utilizar 3 años de datos en el proceso de calibración.

4. Aplicar el método de predicción del HSM, para estimar la frecuencia de accidentes para cada sitio o intersección urbana para cada uno de los años estudiados, tener en cuenta que en esta aplicación del método se asume el factor de calibración local C_i igual a 1.00.

5. Realizar el cálculo del factor de calibración, mediante la siguiente ecuación (ver ecuación (2.8):

$$Ci = \frac{\sum_{\text{Todos los sitios}} \text{Accidentes observados}}{\sum_{\text{Todos los sitios}} \text{Accidentes predichos}} \quad (2.8)$$

Tener en cuenta que el resultado deberá redondearse con dos decimales.

▪ **Desarrollo de una función de desempeño de seguridad vial para una jurisdicción específica (SPF)**

Otra forma de calibrar el método predictivo de la Parte C del HSM es mediante el desarrollo de una nueva función de desempeño de seguridad vial para una jurisdicción o territorio en específico, es decir, modificar el modelo que determina la frecuencia promedio de accidentes de tránsito esperados para condiciones base.

En el caso de emprender este camino es necesario que el nuevo SPF sea desarrollado con métodos estadísticamente válidos y creados de manera que se ajusten e integren al método predictivo pertinente. La intención del HSM no es sofocar la creatividad ni la innovación en el desarrollo de un nuevo modelo, por lo cual no dicta el procedimiento a seguir para realizar este tipo de calibración, sin embargo, proporciona una guía para que el desarrollo del nuevo SPF sea aceptado para el uso de la Parte C del HSM, esta línea directriz sería:

- Asignar adecuadamente los datos de accidentalidad en cuanto a su localización en segmento de carretera o en intersección, cumpliendo con lo evidenciado en la figura 4 y a la teoría sobre asignación de accidentes propuesta en el HSM.
- El SPF para una jurisdicción en específico deberá ser desarrollado con una técnica estadística como la regresión binomial negativa que considera la sobre dispersión típicamente encontrada en datos de accidentalidad y cuantificar un parámetro de sobre

dispersión para que el modelo predictivo pueda ser combinado con datos de frecuencia de accidentes observados mediante el método empírico Bayesiano.

- El SPF desarrollado deberá usar las mismas condiciones base usada en el SPF propuesto originalmente por el HSM o debería ser capaz de convertirse a estas condiciones base.
- El SPF desarrollado para intersecciones urbanas deberá incluir los efectos del volumen de tránsito por medio del tránsito promedio diario anual del acceso principal y del secundario (TPDA).

Como se ha mencionado, esta función de desempeño de la seguridad de la vía se ha obtenido mediante unas condiciones base supuestas en cuanto a geometría y a características de accidentalidad, todas ellas propias de Estados Unidos, país en el cual fueron desarrollados; aun así, continúa siendo un modelo de regresión estadístico, por lo que es posible obtener una función de desempeño de la seguridad vial para una jurisdicción diferente.

- **Sustitución de los valores por defecto seleccionados en el método predictivo a las condiciones locales de cada jurisdicción**

El modelo predictivo de la parte C del HSM usa muchos valores por defecto que se derivan de las investigaciones de datos de accidentalidad desarrollados por la FWHA. Aun así, el remplazo de algunos de estos valores con datos de accidentalidad local para una jurisdicción mejorará la confiabilidad del método predictivo. Sin embargo, hay que tener especial cuidado al cambiar o reemplazar los valores propuestos por el HSM, debido a que realizar cambios indiscriminados pondría en juego la capacidad de estimación de accidentes del método predictivo. El HSM propone utilizar para este tipo de calibración un sitio en el cual los accidentes ocurridos en un año en todo el conjunto de segmentos homogéneos superen los 100 incidentes.

En el caso pertinente de intersecciones urbanas, existen 5 conjuntos de datos a ser reemplazados, estos grupos de datos son:

1. Nivel de severidad y tipo de colisión para accidentes de múltiples vehículos en la intersección:

- Fatales
 - Herida resultante en incapacidad
 - Herida no incapacitante
 - Posible herida
 - Daños a la propiedad solamente
 - Colisión en ángulo
 - Colisión frontal
 - Colisión trasera
 - Colisión lateral u oblicua
 - Otros accidentes de múltiples vehículos
2. Nivel de severidad y tipo de colisión para accidentes de un solo vehículo en la intersección:
- Fatales
 - Herida resultante en incapacidad
 - Herida no incapacitante
 - Posible herida
 - Daños a la propiedad solamente
 - Colisión con vehículo parqueado
 - Colisión con animal
 - Colisión con objeto fijo
 - Colisión con otro objeto
 - Sin colisión
 - Otros accidentes de un solo vehículo
3. Pormenores de accidentes en los que intervengan peatones.
4. Pormenores de accidentes en los que intervengan ciclistas.
5. Accidentes en la noche como proporción del total de accidentes en la intersección; presenta el total de accidentes ocurridos durante las horas de la noche por nivel de

severidad y como la proporción del total de accidentes ocurridos para cada tipo de intersección.

2.1.5 Modelos estadísticos en seguridad vial

Contemporáneamente, modelos de predicción de accidentes se desarrollan generalmente mediante una distribución binomial negativa. La distribución binomial negativa es idónea para el modelado de incidentes viales debido a la alta variabilidad natural de las frecuencias de accidentes, cuya varianza es mayor que la media.

Se han utilizado varios métodos de regresión estadística para estimar el funcionamiento de la seguridad de un sistema de carreteras en términos de frecuencias de accidentes. Puesto que los accidentes son eventos raros y al azar, se asume que la variable de respuesta en los modelos de regresión y la frecuencia de incidentes de una sección de un segmento de vía o en intersección en particular, es una variable aleatoria siguiendo una cierta distribución. La media de la variable de respuesta al azar se asume para ser una función de las características de la calzada, así como del tráfico. El objetivo de desarrollar una función de desempeño de seguridad vial es cuantificar esa relación entre la frecuencia de choque esperada y varias variables explicativas. Las variables en el modelo y sus coeficientes se determinan estadísticamente de modo que el total de choques observados sea el más probable que se haya calculado o, en otras palabras, la probabilidad de que ocurran la sumatoria de incidentes observados es la más alta. Este concepto se denomina estimación de máxima verosimilitud [12].

Los métodos más comunes utilizados por los investigadores en seguridad vial son modelos de regresión Poisson y Poisson-gamma [13] [14] [15]. La regresión de Poisson asume que la variable de respuesta sigue una distribución Poisson con una media de λ , que es una función para determinar a partir de los datos. Esta hipótesis sobre la variable de respuesta al azar implica que su media es igual a su varianza. Sin embargo, el número total de accidentes suelen estar sobre dispersados con una media menor que la varianza. Para dar cabida a datos sobre dispersados, la regresión de Poisson-gamma es adoptada comúnmente. La regresión de Poisson-gamma es una extensión de la regresión simple de Poisson y es un tipo especial de modelo Binomial Negativo [16]. Con la introducción de un

término aleatorio ε dentro de la media de Poisson λ , el enfoque esencialmente supone que la totalidad de accidentes siguen una distribución de Binomial Negativa. Aunque otros tipos de modelos BN se pueden utilizar para el modelado de datos, La parametrización de Poisson-gamma es recomendada por el HSM y es ampliamente utilizado en la literatura de transporte. El proyecto planteado adopta la regresión de Poisson-gamma o Binomial Negativo para estimar la función de seguridad de seguridad vial de intersecciones urbanas en Colombia en términos de las frecuencias de colisión.

Matemáticamente, y_i es la variable aleatoria que representa el número de accidentes que ocurren en un segmento o intersección vial durante un determinado intervalo de tiempo (un año en este caso), donde $i = 1, 2, \dots, n$, y_i es un número entero no negativo. En un modelo de regresión de Poisson, y_i sigue la ley de probabilidad de Poisson, que tiene la siguiente forma: (ver ecuación (2.9)):

$$P(y_i) = \frac{\exp(-\lambda_i)(\lambda_i)^{y_i}}{y_i!} \quad (2.9)$$

Donde $P(y_i)$ es la probabilidad de que el segmento o intersección i experimente y_i accidentes en un año y λ_i es el parámetro de Poisson para segmento i , que es igual al número esperado de accidentes por año en el segmento i , es decir, la media de frecuencia de accidentes, $E(y_i)$. El modelo de regresión de Poisson asume comúnmente la relación log-lineal entre el parámetro de Poisson λ_i y las variables explicativas (ver ecuación (2.10)).

$$\lambda_i = E(y_i) = \exp(\beta X_i) \quad (2.10)$$

Donde X_i es un vector de variables explicativas, tales como tráfico, características geométricas de la carretera o características ambientales del segmento i y β es un vector de coeficientes de regresión desconocido que puede ser estimado por el método estándar de la norma máxima verosimilitud.

La gran ventaja de la distribución de Poisson es la simplicidad en el cálculo debido a su propiedad de la media equivalente a la varianza. La relación se denomina equidispersión,

que también es conocido como restricción. Si $E(y) > \text{Var}(y_i)$, se dice que los datos son subdispersos y opuestamente, demasiado dispersos si $E(y) < \text{Var}(y_i)$. El modelo de regresión de Poisson es inadecuado cuando la varianza de los datos de accidentes es significativamente diferente de la media. En este caso el modelo de regresión binomial negativa puede aplicarse como una alternativa para superar el problema. La técnica del binomio negativo mitiga la presunción de igualdad de la media y varianza, mediante la adición de un término de error con distribución gamma. La ecuación (2.10) es reescrita como (ver ecuación (2.11)):

$$\lambda_i = E(y_i) = \exp(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (2.11)$$

Donde ε_i es un término de error y $\exp(\varepsilon_i)$ es la distribución gamma del término de error con media 1 y varianza α^2 . La adición de ε_i hace que la varianza sea diferente de la media como sigue (ver ecuación (2.11)):

$$\text{VAR}(y_i) = E(y_i)[1 + \alpha E(y_i)] = E(y_i) + \alpha E(y_i)^2 \quad (2.12)$$

Donde α es también llamado el parámetro de dispersión, que desempeña un papel importante en la determinación de elegir la regresión de Poisson o el modelo de regresión binomial negativo. Cuando α es significativamente diferente de cero, la distribución es la subdispersa o sobredispersa y el modelo binomial negativo es apropiado. Cuando α se acerca a cero, la varianza es casi igual a la media y la distribución puede ser modelada simplemente por la técnica de regresión de Poisson.

La forma de distribución de probabilidad binomial negativa se da como (ver ecuación 2.13):

$$P(y_i) = \frac{\exp(-\lambda_i \exp^{\varepsilon_i}) (\lambda_i \exp^{\varepsilon_i})^{y_i}}{y_i!} \quad (2.13)$$

La formulación integrando ε_i es la siguiente (ver ecuación (2.14)):

$$P(y_i) = \frac{\Gamma(\frac{1}{\alpha} + y_i!)}{\Gamma(\frac{1}{\alpha}) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1 + \frac{1}{\alpha}) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1 + \frac{1}{\alpha}) + \lambda_i} \right)^{y_i} \quad (2.14)$$

Donde $\Gamma(.)$ es una función de gamma.

Como el modelo de Poisson, el modelo binomial negativo también se calcula por el método de máxima verosimilitud estándar. La función de probabilidad correspondiente es (ver ecuación (2.15)):

$$L(\lambda_i) = \prod_i \frac{\Gamma(\frac{1}{\alpha} + y_i!)}{\Gamma(\frac{1}{\alpha}) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1 + \frac{1}{\alpha}) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1 + \frac{1}{\alpha}) + \lambda_i} \right)^{y_i} \quad (2.15)$$

La función se maximiza para obtener las estimaciones del coeficiente α y β , este ultimo mediante la ecuación 2.11.

2.2 Antecedentes

Los esfuerzos por aplicar los modelos y desarrollos estadísticos en cuanto a la estimación y caracterización de la accidentalidad como mecanismo de gestión de la seguridad vial se ha llevado a cabo en distintos países y territorios, en algunos evaluando la aplicabilidad y posible calibración de los modelos ofrecidos en Manual Americano de Seguridad Vial, principal referente en esta temática, para condiciones imperantes de cada región, asimismo en múltiples jurisdicciones se ha emprendido la labor de crear propias herramientas de gestión para la seguridad vial y la construcción de funciones de desempeño de seguridad; a continuación se mencionan algunos de estos estudios:

Aurelio, Paolo y Nicola [17] por medio de su investigación se propusieron evaluar la aplicabilidad del módulo de predicción de accidentes del IHSDM en Italia, para esto aplicaron los procedimientos propuestos en el manual americano de seguridad vial (HSM) a dos vías rurales de dos carriles ubicadas al noreste de Italia, luego procedieron a comparar la estimación de accidentes arrojada por el software con datos históricos de accidentalidad en estas carreteras mediante el uso de varios modelos estadísticos que permiten identificar su bondad de ajuste, como conclusiones de este estudio tenemos que los resultados mostraron diferencias significativas, en términos cuantitativos, entre los

choques predichos y los datos de accidentes históricos, destacando la dificultad de transferir esta herramienta para el contexto italiano, recomendando para próximas investigaciones la creación de un modelo propio de desempeño de la seguridad vial, con el fin de obtener una herramienta fiable para estimar accidentalidad en carreteras de dos carriles en Italia.

En Nueva Zelanda Koorey [18] emprendió la labor de calibración del módulo de predicción de accidentes del IHSDM en condiciones locales, para lo cual planteó calcular un factor de calibración local y geográfico que permite escalar la estimación del número de accidentes según las condiciones del terreno, además de esto procuró la modificación de las proporciones relativas de accidentes según el tipo, gravedad y características de los mismos, mediante la utilización de datos históricos de accidentalidad. Las investigaciones mostraron que el módulo de predicción de accidentes del IHSDM es una herramienta prometedora para la seguridad vial y la evaluación operativa de las alineaciones de las carreteras (tanto existentes y propuestas) en Nueva Zelanda, recomendando a los diferentes países realizar labores de calibración de este modelo, argumentando que sería difícil para todos los países desarrollar herramientas de diseño similares con el mismo grado de complejidad y de investigación.

Fei Xie [19] abordó el tema de la calibración del método predictivo del HSM para tipos de infraestructura rural, en su investigación procuró el desarrollo de factores de calibración local o geográficos y la sustitución de valores base para el estado de Oregon, USA. Los resultados de su proyecto arrojaron valores de calibración cercanos al valor nominal 1 establecido por el HSM, además no encontró diferencias considerables entre las estimaciones obtenidas mediante la sustitución de datos base; el autor apoya estos resultados, argumentando que el estado de Oregon al encontrarse e Estados Unidos, hace parte del territorio utilizado para formular el método predictivo del HSM, mencionado que el producto de su investigación da sustento y confiabilidad del método predictivo mencionado para otras jurisdicciones de Estados Unidos, aun así, propone la utilización de los factores de calibración hallados para el estado de Oregon, que a pesar de no cambiar drásticamente las estimaciones del HSM sin calibrar, si puede mejorar sustancialmente la frecuencia de accidentes predichos. Además de esto, el autor propone una nueva metodología para determinar el tamaño de muestra requerido para una apropiada calibración, en este, concluye que el tamaño de la muestra dependerá del tipo

de infraestructura y de la frecuencia de accidentes observada, por lo cual recomienda realizar un estudio piloto y seguir los pasos metodológicos establecidos en su manuscrito.

Tegge, Jo y Ouyang [20] en un reporte para el Centro de Transporte de Illinois, explican los procedimientos para desarrollar distintas funciones de desempeño de seguridad vial en diferentes tipos de infraestructura en su Estado, obteniendo ecuaciones que relacionan los accidentes observados en sus vías en términos del volumen de tránsito y las disposiciones geométricas. Además, desarrollan una aplicación en Visual Basic que favorece la aplicación eficaz de este modelo. Los autores concluyen la importancia de desarrollar funciones y modelos que permitan la evaluación de la seguridad vial en diferentes estados o jurisdicciones, permitiendo a si a los diseñadores y entes encargados de la operación y el mantenimiento de las vías tener una herramienta confiable que incluya el impacto de la seguridad vial en sus decisiones.

Williamson y Zhou [21] desarrollaron factores de calibración del modelo de predicción de accidentes del manual americano de seguridad vial HSM para vías de dos carriles en el estado de Illinois, Estados Unidos; los autores justifican esta investigación en que los datos bases proporcionados por el manual a pesar de representar las condiciones viales de Estados Unidos, fueron desarrollados con datos de múltiples estados, por lo cual quisieron evaluar la posibilidad de mejorar las predicciones que arroja el modelo del HSM si únicamente se incluyen datos del estado a tratar. Para esto desarrollaron dos factores de calibración local, uno teniendo como base la función de desempeño de seguridad vial (SPF) proporcionado por el HSM para condiciones base y otro factor de calibración local teniendo como sustento una función de desempeño de seguridad vial desarrollado en un estudio anterior específicamente para el estado de Illinois; luego procedieron a validar los datos con datos históricos de accidentalidad en 4 escenarios: usando la estimación de accidentes del HSM con el SPF base y sin calibrar, usando la estimación de accidentes del HSM con el SPF desarrollado para Illinois y sin calibrar, usando la estimación de accidentes del HSM con el SPF base y calibrado y por último, usando la estimación de accidentes del HSM con el SPF desarrollado para Illinois y calibrado; este estudio concluyó que el mejor escenario de predicción fue en el caso de utilizar un factor de calibración local para la función de desempeño de seguridad vial desarrollado para Illinois; lo que confirma los beneficios en cuanto a bondad de ajuste el encontrar factores de calibración propios

para cada país, además de modificar para condiciones colombianas la función de desempeño de seguridad vial base.

Latinoamérica no ha sido la excepción en cuanto a investigaciones referentes a la modelación de la accidentalidad y la seguridad vial; en Argentina García y Altamira [22] emprendieron las labores de calibración del módulo de accidentes del HSM teniendo como caso de estudio la provincia de San Juan, es su documento muestran la metodología utilizada para calibrar el modelo cuyo objetivo es obtener el factor de calibración local y la función de desempeño de la seguridad vial (SPF) para caminos rurales de dos carriles para la provincia de San Juan, utilizando las estadísticas de Dirección Nacional de Vialidad argentinas en rutas nacionales del 2004, 2008 y 2009, y validado con las estadísticas del 2003, 2005 y 2010. Dado que los datos estaban incompletos en este estudio se tuvo que considerar diversas opciones estadísticas para completarlos y poder utilizar la base original. Aunque los datos utilizados no se ajustan completamente a los datos requeridos por el HSM, fue posible realizar la calibración, con mejores estimativos comparados con la sola aplicación del modelo original. También, en Brasil Barbosa, Cuntob, Bezerrac y Nodarid [23] presentan el desarrollo de modelos de desempeño de seguridad para las intersecciones urbanas de tres grandes ciudades brasileñas: Fortaleza, Belo Horizonte y Brasilia; entre las variables predictivas exploradas en la fase de creación del SPF se encuentran las variables de exposición (TPDA), el número de carriles, el número de aproximaciones a la intersección y la posición de la medianera central. Luego de obtener las funciones de desempeño para estas ciudades, evaluaron la transferibilidad a otra jurisdicción, obteniendo resultados satisfactorios.

En otros estudios, Bansen y Passetti [24] utilizaron IHSDM para evaluar alternativas y mejorar vías rurales en Chicago Estados Unidos con una tasa de accidentes significativos. Las conclusiones de este estudio muestran que el software es un soporte fiable proporcionando los datos iniciales requeridos y en el formato solicitado. Chuo y Saito [25] evaluaron la capacidad del software IHSDM para ayudar a expertos en seguridad vial a encontrar segmentos de carretera con una alta tasa de accidentes, y su capacidad para ayudar a evaluar diferentes intervenciones y mejoras. Tres secciones de carreteras rurales de dos carriles en Utah fueron seleccionados para una aplicación del IHSDM en auditorías de seguridad vial. Los resultados de esta evaluación muestran que el CPM puede producir predicciones de choque razonablemente fiables si los datos de entrada son apropiados.

En otras palabras, el contenido de los datos de entrada puede afectar en gran medida la calidad de los datos de salida respecto a la predicción de accidentes. Domínguez et al [26] presenta una adaptación de la IHSDM a las condiciones españolas. El algoritmo básico CPM fue calibrado usando datos de carreteras y de choque españoles, que el software aplicó en la revisión de seguridad de tres tramos de carreteras en España. Los resultados indican que la aplicación de este software podría ser útil en la verificación del diseño geométrico de las carreteras existentes, así como en proyectos de rehabilitación de carreteras. Llegaron a la conclusión que la calibración mejoró significativamente las predicciones del módulo. Sin embargo, el uso de IHSDM y la interpretación de sus resultados exigen precaución y pericia.

Por su parte el Programa Conjunto de Investigación de Transporte de la Universidad de Purdue se dio a la tarea de comparar los métodos de gestión de seguridad vial establecidos en el HSM con los modelos de gestión de seguridad creados específicamente para el estado de Indiana con el fin de identificar similitudes y diferencias. Este estudio tenía como principales objetivos: evaluar las funciones de desempeño de seguridad (SPF) del HSM con datos de Indiana y comparar su efectividad en estimar accidentes respecto al uso del SPF desarrollado para Indiana. Este estudio llegó a la conclusión de que el SPF base del HSM tendría que ser calibrado a las condiciones de Indiana antes de que pudiera ser utilizado. La calibración de la función de desempeño de seguridad vial para condiciones base, llevaría a un número insuficiente de carreteras y, en consecuencia, se concluye que carecería de confiabilidad. Este problema se amplifica por el gran número de categorías de carreteras y tipos de accidentes usados en HSM; los resultados indican que los dos criterios usados para obtener las funciones de seguridad vial, tanto del HSM como para la desarrollada en Indiana son equivalentes y producen similares resultados [27]; por lo tanto, se puede intuir que la calibración del método predictivo del HSM no es necesariamente el mejor camino a tomar para crear una herramienta confiable que modele la seguridad vial.

Mannering y Bhat [28] mediante su investigación, buscan proporcionar orientación para definir desafíos y oportunidades en cuanto a las metodologías estadísticas usadas en la creación de modelos de seguridad vial y análisis de frecuencia de accidentalidad; esta labor se realiza mediante la exposición de la evolución de las aplicaciones metodológicas y los datos disponibles en la investigación de accidentes en carreteras. Sobre la base de

esta revisión, identifican direcciones fructíferas para futuros desarrollos metodológicos y discuten el papel que las nuevas fuentes de datos jugarán en la definición de estas direcciones. Se demuestra que las nuevas metodologías que abordan cuestiones complejas relacionadas con la heterogeneidad no observada, la endogeneidad, la compensación del riesgo, las correlaciones espaciales y temporales, y más, tienen el potencial de ampliar significativamente la comprensión de los muchos factores que afectan la probabilidad y gravedad (en términos de lesiones personales) de accidentes en carreteras. Esto a su vez puede conducir a contramedidas de seguridad más efectivas que pueden reducir sustancialmente las lesiones y fatalidades relacionadas con los incidentes viales.

Mehta Y Lou [29] desarrollaron funciones de desempeño de seguridad vial para varias infraestructuras rurales en el estado de Alabama, esta investigación tuvo como objetivo inicial evaluar la aplicabilidad de los métodos predictivos de HSM a los datos de Alabama, luego calibrar según la metodología propuesta en el HSM y seguidamente desarrollar varios modelos estadísticos que modelen el comportamiento de la seguridad vial de vías rurales de dos carriles y vías rurales de cuatro carriles con división entre calzadas; como conclusión, se obtuvo que los SPF específicos del estado que se desarrollaron para ajustarse a los datos de Alabama superan a los modelos predictivos del HSM, incluidos los SPF calibrados. El modelo que mejor representa el desempeño de la seguridad vial en Alabama, describe la frecuencia media del accidente en función del tránsito promedio diario anual, la longitud del segmento, el ancho del carril, el año y el límite de velocidad. El estudio encuentra que el método recomendado por HSM para la estimación del factor de calibración también funciona bien.

Poisson y Binomio Negativo son los dos modelos más comunes para el desarrollo de SPF, por lo tanto, es importante sentar un precedente de la utilización de estos modelos a lo largo de los últimos años. Comenzando con Jovanis y Chang [30] quienes indicaron que la distribución de las ocurrencias de accidentes es positivamente asimétrica o esta sesgada al lado positivo, y que la suposición distributiva normal subyacente para la regresión lineal es indeseable. En contraste con los modelos de regresión lineal múltiple, los modelos de regresión de Poisson se utilizaron ampliamente para modelar los accidentes e influir en los factores. Kraus et al. [31] exploraron la relación entre los accidentes por tipo y las variables independientes tales como las características geométricas, la hora del día y el volumen de

tránsito, desarrollando un modelo de predicción no lineal y asumiendo la distribución de Poisson para los accidentes de las secciones de arterias urbanas sin considerar sus ubicación en relación con los intercambios. Khan et al. [32] también desarrollaron un modelo de regresión de Poisson, pero se centraron en la relación entre accidentes estratificados por gravedad, volumen de tránsito, longitud de segmento y millas vehiculares recorridas.

Una limitación conocida en la aplicación del modelo de regresión de Poisson es que la varianza se restringe a ser igual a la media de los datos utilizados según lo comentan Dean y Lawless [33]. Sin embargo, la varianza de los recuentos de accidentes a menudo excede su media, una condición conocida como "sobre dispersión". Por lo tanto, cuando los datos están sobre dispersos, el modelo de regresión de Poisson resultará en estimaciones de parámetros sesgados e inconsistentes con respecto a la relación entre frecuencia de choque y exposición. El modelo Binomial Negativo es una extensión del modelo de Poisson para tener en cuenta la posible sobre dispersión en los datos. El modelo Binomial Negativo explica la sobre dispersión que ocurre cuando la varianza es mayor que la media según lo mencionado por Shankar et al. [34] La distribución binomial negativa ha sido ampliamente utilizada en estudios de seguridad (por ejemplo, [35], [36], [37] y [38]).

Craig Lyon, Anwar Haq, Bhagwant Persaud, and Steven T. Kodama escribieron sobre la creación de SPF en intersecciones de grandes zonas urbanas, en pro de evaluar la implementación de señal prioritaria de giro a izquierda, para esto contemplaron 1950 intersecciones semaforizadas que presentaban alrededor de 70000 accidentes por año en la ciudad de Toronto Canadá, se clasificaron las intersecciones por el número de accesos y la jerarquía de las vías que confluían en la intersección, usando variables de volumen vehicular, flujo peatonal y permisividad del giro a izquierda y a derecha, los datos fueron analizados mediante el método empírico bayesiano y el paquete estadístico GENSTAT [39].

.

3. Metodología

Luego de definir el alcance de la investigación y definiendo las intersecciones semaforizadas urbanas como el tipo de infraestructura a modelar dadas las justificaciones mencionadas en un aparte anterior, se dará a conocer el orden lógico seguido para cumplir los objetivos propuestos.

Dando por sentado que el proceso inicio con una revisión bibliográfica de artículos, tesis doctorales, tesis de maestría, documentación sobre modelos estadísticos y demás bibliografía relevante a los modelos de predicción de accidentes y se procedió con el análisis y afianzamiento de modelos de seguridad vial, teoría concerniente al método binomial negativo, fundamental en este tipo de análisis predictivos, métodos de regresión estadísticos y de análisis de datos, además de la investigación y síntesis de la forma en que se levanta y registra en la actualidad la información de accidentes mediante el Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT). Las secciones metodológicas se pueden resumir en 3 puntos.

1. Obtención y procesamiento de datos.

Se inicia con la recolección de información disponible, que se procederá a digitalizar, analizar, organizar y sintetizar. Existen tres tipos de datos a tener en cuenta para alcanzar el objetivo de aproximarnos a modelos de seguridad vial para la ciudad de Medellín, estos son: Datos de accidentalidad, datos de caracterización de las intersecciones y datos de volúmenes de tránsito.

En este ítem, se aislarán las intersecciones semaforizadas de 3 y 4 accesos objetivo de este proyecto, se caracterizarán mediante múltiples variables respecto a su geometría y condiciones particulares, como lo son: número de carriles y calzadas, permisividad de giros, presencia de mediana central y de pasos peatonales, dirección de flujo, entre otros.

A estas intersecciones se les asignará un valor de volumen en términos de Transito Promedio Diario Anual (TPDA) para cada año de estudio y finalmente se designará el número y severidad de accidentes a estas intersecciones.

Con las intersecciones urbanas semaforizadas de la ciudad de Medellín definidas por su volumen, accidentalidad y geometría, se tiene la base para aplicar los modelos del HSM y para modelar su comportamiento mediante modelos estadísticos como el binomial negativo.

2. Aplicación y calibración CPM

El ampliamente mencionado modelo predictivo del Manual de Seguridad Vial de los Estados Unidos (HSM) será aplicado a las condiciones colombianas para evaluar su aplicabilidad y eficiencia en estimar la frecuencia de accidentes. Este método abarca varios tipos de infraestructuras viales, en la presente investigación se hará uso de los modelos para intersecciones urbanas semaforizadas de 4 accesos y de 3 accesos.

El procedimiento para llevar a cabo el proceso de aplicación será el mencionado en la figura 2-2. El software IHSDM mediante su módulo de predicción de accidentes CPM automatizara gran parte del proceso, teniendo como base los datos de entrada requeridos en cuanto a TPDA de las vías que cruzan la intersección y singularidades geométricas como permisividad y tipo de giro a izquierda y derecha, presencia de iluminación y demás datos descritos en la revisión bibliográfica. El resultado de este proceso es la estimación de la frecuencia de accidentes para cada una de las intersecciones estudiadas para el año de análisis establecido.

Seguidamente se procederá a calibrar el HSM mediante la obtención del C_i o factor de calibración regional, la figura 2-3 evidencia los pasos a seguir para alcanzar este objetivo. Nuevamente el CPM facilita la obtención de los factores, los cuales se obtendrán individualmente para intersecciones semaforizadas de 3 y 4 accesos.

Se finalizará, comparando las estimaciones de frecuencia de accidentes obtenidas mediante la mera aplicación del método predictivo del HSM, la aplicación del método usando los factores de calibración local y los registros históricos de accidentes para un año

determinado, concluyendo la efectividad y transferibilidad del modelo predictivo mencionado en condiciones típicas de Colombia, mediante el estudio de caso de Medellín.

3. Aproximación a funciones de desempeño de seguridad vial (SPF)

En este punto se procede al uso de modelos estadísticos para la obtención de funciones de desempeño de seguridad vial. Las SPF son una herramienta que ayuda a los ingenieros a analizar el estado actual de seguridad en una infraestructura vial, identificar ubicaciones anormales o con gran ocurrencia de incidentes de tránsito y predecir los efectos en la seguridad vial al implementar futuras mejoras.

El análisis de datos se realizará mediante un modelo binomial negativo (NB). Este tipo de modelo se basa en la distribución de Poisson con la inclusión de un término de error que permite la sobre dispersión. Poisson es la distribución más popular cuando se modelan datos de conteo. Es una herramienta de análisis útil, que según la literatura es la elección natural para la modelación de accidentes. Sin embargo, si sus limitaciones no son totalmente entendidas puede aplicarse inadecuadamente. Según Lord et al., [15] tres limitaciones están incluidos para la aplicación de la distribución de Poisson. La primera es la falla al reconocer que los datos están truncados. La segunda es la falta de reconocimiento de que los datos contienen una preponderancia de ceros. El tercero es la falta al identificar cuando la media es diferente de la varianza. En general, datos donde la media y la varianza no son aproximadamente iguales, la varianza de los coeficientes estimados del modelo de Poisson tienden a ser sobrestimada y los coeficientes mismos están sesgados. La distribución binomial negativa se aplica en el siguiente estudio teniendo en cuenta la inherente sobre dispersión de los datos de accidentalidad. El modelo binomial negativo a utilizar puede ser representado por las ecuaciones (2.9), (2.11) y (2.12).

El modelo NB considera la naturaleza de las variables de respuesta (enteros positivos) y la capacidad para acomodar la sobre dispersión en los datos que comúnmente se observan en los datos con diversas ubicaciones. Entre sus limitaciones, el modelo NB ha demostrado que no funciona bien en datos con baja dispersión. Otros problemas están relacionados con la incapacidad para estimar parámetros con tamaños de muestra pequeños [28]. Estas dos limitaciones no influyen en el pertinente análisis ya que los datos han demostrado ser bastante dispersos y el tamaño de muestra es suficiente.

Para interpretar los coeficientes estimados, es necesario separar las variables en términos de su tipo. Las variables binarias producen un coeficiente que representa la diferencia esperada en el algoritmo de conteo entre dos grupos. En el caso de variables continuas, el coeficiente representa un efecto de aumento de una unidad de la variable predictora, el cambio en el algoritmo de conteo de accidentes.

Para evaluar la bondad de ajuste del modelo, se calcula una prueba de razón de verosimilitud (likelihood ratio test o LRT). Puede ser representado por (ver ecuación (2.16)):

$$LRT = -2(\log(L_R) - \log(L_U)) \sim X^2_{df_U - df_R} \quad (2.16)$$

Donde L_R es el valor de la función de verosimilitud para el modelo reducido, L_U es la probabilidad para el modelo sin restricciones, y el valor total es distribuido por el Chi-cuadrado con grados de libertad iguales a la diferencia de grados de libertad entre los dos modelos bajo la hipótesis nula de la veracidad del modelo reducido.

El análisis estadístico fue desarrollado utilizando la función GLM.NB en R Statistical Software para ajustar un modelo lineal generalizado NB.

4. Obtención y procesamiento de datos

El estudio de caso se llevó a cabo en la ciudad de Medellín, Colombia, la segunda área urbana más poblada del país y capital del departamento de Antioquia. Esta ciudad de aproximadamente 3'000.000 (tres millones) de habitantes está ubicada en el valle de Aburrá, una región central de la Cordillera de los Andes en América del Sur, por lo que su área urbana y su infraestructura vial pasan por un relieve plano, ondulado y montañoso.

La cantidad de información que se requiere para llevar a cabo un proceso de modelación de la seguridad vía es bastante amplia y diversa, lo que incentiva a recopilar datos de la mayor cantidad de fuentes posibles, tanto de las instituciones públicas como privadas, por ejemplo, en Colombia, la operación y mantenimiento de una gran cantidad de vías son concesionadas y manejadas por el sector privado, estas empresas deben cumplir con unos parámetros y obligaciones exigidos por el estado, entre los que se encuentra la toma de información, donde toma especial importancia los reportes de incidentes de tránsito, los cuales deben registrar, procesar, resumir y presentar, también estas empresas deben tener total conocimiento de los pormenores geométricos y del estado o condición de las vías a su cargo; por lo tanto siempre debe considerarse el sector privado como una valiosa fuente de información que permite dar pie a proyectos investigativos como el que se plantea.

También, respecto a la facilidad de consecución de información, se cuenta con los peajes o estaciones de servicio, los cuales pueden proporcionar invaluable información, como lo es el volumen de tránsito, además instituciones del estado como el INVIAS o el ministerio de transporte cuentan con datos, estudios y reportes que agrandarían la cantidad de entradas para incluir en la creación o calibración de un modelo de estimación de accidentes, por ejemplo, están los IPAT que levantan miembros de la policía de tránsito y los cuales es obligación del estado procesar, estos son de valor imprescindible en este proyecto. Además, existen herramientas computacionales y sistemas de información

geográfica como lo son el Street View y Earth de google, los que utilizados debidamente podrían llevarnos a rescatar gran cantidad de datos de las vías, como también está la existencia del programa internacional de evaluación de carreteras iRAP, el cual consiste en inspeccionar vías de alto riesgo y desarrollar planes de inversión para vías más seguras, este programa se llevó a cabo en años anteriores en una extensa longitud de vías en el Colombia gracias a la gestión del Fondo de Prevención Vial, esto se hizo mediante el uso de vehículos específicamente equipados y el software iRAP que lleva a cabo inspecciones detalladas de las vías, centrándose en más de 30 elementos de diseño que tienen un impacto en la probabilidad de que se produzca un accidente y en su nivel de gravedad, para luego de esto calificar las vías en cuanto a seguridad vial en un rango de 1 a 5; todos estos datos están a disposición del usuario y por medio de recopilación, procesamiento y análisis se contaría con una fuente considerable de información.

Por último, en el ámbito local y enfocado al sector urbano, objetivo de este proyecto, se cuenta con la información disponible en la Secretaria de Movilidad de Medellín, la cual tiene responsabilidad de organizar y almacenar las bases de datos resultantes de los informes de accidentalidad de la policía de tránsito, además de operar y llevar seguimiento de los dispositivos tecnológicos que recopilan los volúmenes de tránsito en algunos puntos de la ciudad mediante el Centro de Control de Tránsito de Medellín y de contar con información completa de la red vial de la ciudad, en la que se detallan pormenores de toda la infraestructura vial de la capital del Departamento de Antioquia.

En lo pertinente a este proyecto, se requieren específicamente de tres tipos de datos: los referentes a volúmenes de tránsito, las características de la infraestructura vial de las intersecciones semaforizadas y la base de datos de accidentalidad.

4.1 Datos de accidentalidad.

La Secretaria de Movilidad de Medellín ha respaldado este proyecto facilitando valiosa información necesaria para llevar a cabo el alcance de la investigación planteada; dado esto, se cuenta con la base de datos con los registros del historial de accidentalidad de la ciudad de Medellín entre los años 2009 y 2016, derivados de los Informes Policiales de Accidentes de Tránsito (IPAT), en esta base de datos se acopia información referente al

historial, tipo y características de los accidentes, severidad de los incidentes, causas de los mismos, condiciones que facilitaron la ocurrencia de la colisión y demás pormenores referentes a la presencia de un choque. En el Anexo A se presenta un segmento de la base de datos de accidentalidad para ejemplificar la forma en la que se toman los datos de accidentes de tránsito en Colombia. Además, se muestra un resumen de las variables tomadas por el organismo de tránsito en el caso de un incidente vial mediante el IPAT, según los parámetros establecidos en la Resolución 11268/2012

La base de datos de accidentalidad fue procesada manualmente debido a las incoherencias respecto al formato del sitio de ocurrencia de los accidentes, se filtraron los datos en cuanto a sitio de ocurrencia del accidente, que para este caso correspondería a las intersecciones, obviando todos los incidentes ocurridos en segmentos viales, viaductos y otro tipo de infraestructuras; seguidamente se tomaron en cuenta únicamente las colisiones que tuvieron lugar en intersecciones semaforizadas, luego se hizo una limpieza de información con datos incoherentes e incompletos y por último se procedió a la asignación de accidentes a cada una de las intersecciones seleccionadas para realizar el estudio, fijando valores según la gravedad del accidente: solo daños, accidentes con heridos y fatalidad, y según el tipo de colisión: único vehículo, choque múltiple, colisión frontal, colisión lateral, choque con objeto fijo, entre otras. No es vano añadir, que finalmente se transformó el formato predeterminado de los IPATs a un formato binario que facilitara la entrada de datos en un Software estadístico, para el presente caso R statistical. En el Anexo B se presenta un ejemplo de la síntesis de datos usados en la modelación.

En los informes policiales de accidentes de tránsito para la ciudad de Medellín se tiene registro de 357.696 accidentes, que tienen un saldo de 226.211 individuos heridos o fallecidos para el periodo de análisis comprendido entre 2009 y 2016, el número de accidentes registrados en intersecciones representa el 14% del total de las colisiones con alrededor de 50000 casos. En cuanto a esta investigación, se acotaron los datos de colisiones a intersecciones semaforizadas urbanas de tres y cuatro accesos, bajo los condicionantes descritos, lo que nos arrojó un total de 9974 choques a ser analizados, que comprenden 26 casos de fatalidad, 3990 de lesiones y 5958 de solo daños.

4.2 Datos de características geométricas.

Mediante la Secretaria de movilidad de Medellín, fue posible la obtención de la red vial de la ciudad, permitiendo la localización, análisis y subdivisión de las intersecciones a estudiar, esta información facilita la síntesis de datos requeridos, tales como: ubicación geográfica, condiciones geométricas y composición de las intersecciones a estudiar, además de otros elementos del entorno vial como la iluminación, presencia de paradas de bus, entre otros datos relevantes. Asimismo, el centro de control de semáforos de la ciudad, proveyó la información de la red semafórica de Medellín, en la cual se pudo identificar las intersecciones objetivo de este proyecto. Por último, se recolectó información secundaria mediante softwares de sistemas de información geográfica como MapGis y google Earth,

El procesamiento inició con la clasificación de las intersecciones semaforizadas de Medellín según su configuración; el amoblamiento semafórico de la ciudad está compuesto por 681 sitios al momento de realización del presente proyecto, esta cifra fue repartida entre intersecciones en cruz (4 accesos), intersecciones en tee (3 accesos), glorietas, intersecciones especiales e intersecciones que cruza el sistema de transporte Metro plus y Tranvía; en la tabla 4-1, se evidencia el resultado de la clasificación de intersecciones.

Tabla 4-1: Clasificación intersecciones semaforizadas.

CONTEO DE INTERSECCIONES	
TIPO DE INTERSECCION	CANTIDAD
TOTAL	681
CRUZ	359
TEE	88
METROPLUS	35
GLORIETA	51
ESPECIAL	39
PEATONAL	81
TRANVIA	28

Es importante aclarar que la clasificación realizada no corresponde a una clasificación oficial, sino, que fue adoptada por el autor de esta tesis.

Como se mencionó, las intersecciones en cruz son las que tienen cuatro accesos y las intersecciones en tee, las compuestas por tres accesos, estas dos clasificaciones son el objetivo de este proyecto investigativo dado su alcance, por lo tanto, las aproximaciones a los modelos de seguridad vial están basados en información de 88 intersecciones semaforizadas en tee y 359 intersecciones semaforizadas en cruz.

Las demás intersecciones semaforizadas fueron descartadas, debido a que en algunos casos representa un tipo de infraestructura diferente, como lo es el caso de semaforizaciones peatonales, las cuales están ubicadas en segmentos de una vía y no en una intersección, el caso de las intersecciones clasificadas como tranvía y metroplus no fueron utilizadas debido a que presentan condiciones particulares que podrían diferenciar con las intersecciones en tee y en cruz respecto al comportamiento de la seguridad vial, por lo cual se deja como propuesta para futuras investigaciones, situación similar a la que ocurre con las glorietas. Por último, las intersecciones especiales fue el nombre dado a intersecciones con infraestructuras heterogéneas que no encajaban en las demás clasificaciones, como lo es el caso de intersecciones con más de cuatro accesos.

Teniendo las intersecciones objetivo identificadas se procedió con la completa caracterización de las mismas, este proceso se llevó a cabo con la escasa información que se pudo extraer de la red vial de Medellín y mediante el uso del MapGis, que es el sistema de información geográfica desarrollado por la Secretaría de Movilidad de la Ciudad; con ayuda de este último, se tomaron fotografías de cada una de las intersecciones semaforizadas de tres y cuatro accesos, en la figura 4-1, se muestra un ejemplo de este proceso.

Figura 4-1: Fotografías intersecciones mediante MapGIS



De estas instantáneas se lograron extraer múltiples variables, que sirvieron para satisfacer la demanda de datos requeridos para calibrar el HSM, como lo son por ejemplo la permisividad del giro izquierda y giro a derecha, además de las variables necesarias para crear las curvas SPF para la ciudad de Medellín, en las que se procuró tener la mayor cuantía de variables posibles para evaluar el efecto y la significancia de cada una de ellas en la seguridad vial de las intersecciones semaforizadas urbanas; todas las variables obtenidas se reflejan en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Variables caracterización de intersecciones semaforizadas.

VARIABLE	SIGNIFICADO	FORMATO	VALORES TÍPICOS
DIRECCION	Ubicación de la intersección	Alfanumerico	Variable
VIA 1	Nombre primera vía mencionada en la dirección, generalmente es la vía de circulación sur-norte	Alfanumerico	Variable
JERARQUIA_V1	Jerarquía oficial de la vía 1 según red vial de la Secretaría de Movilidad	Alfabetico	Arteria menor, arteria principal, colectora, servicio, rurales-cabecera
# CALZADAS_V1	Numero de calzadas de la vía 1 según red vial de la Secretaría de Movilidad de Medellín	Numerico	0-4
# CALZADAS_V11	Numero de calzadas de la vía 1, acceso sur	Numerico	1-4
DISPOSICION_V11	Disposición de la vía 1, acceso sur	Alfabetico	Entrada, salida, bidireccional
# CARRILES_V11	Numero de carriles totales vía 1, acceso sur	Alfabetico	1-11
PERMITE GIRO IZQ_V11	Se permite o no el giro izquierda de la vía 1, acceso sur	Alfabetico	Si-No
PERMITE GIRO DER_V11	Se permite o no el giro derecha de la vía 1, acceso sur	Alfabetico	Si-No
SEPARADOR_V11	Tiene o no separador central la vía 1, acceso sur	Alfabetico	Si-No
TIPO SEPARADOR_V11	Tipo de separador central de la vía 1, acceso sur	Alfabetico	Anden, anden y vegetación, barrera, ciclorruta, señalización horizontal
MEDIDA SEP_V11	Longitud (m) separador central vía 1, acceso sur	Numerico	0,2-20
CEBRA PEATONAL_V11	Tiene o no cebra peatonal la vía 1, acceso sur	Alfabetico	Si-No
ANG, DEFL_V11	Angulo de deflexión (°) de la vía 1, acceso sur, respecto a la vía ubicada a su derecha	Numerico	0°-180°
# CALZADAS_V12	Numero de calzadas de la vía 1, acceso norte	Numerico	1-4
DISPOSICION_V12	Disposición de la vía 1, acceso norte	Alfabetico	Entrada, salida, bidireccional
# CARRILES_V12	Numero de carriles totales vía 1, acceso norte	Alfabetico	1-11
PERMITE GIRO IZQ_V12	Se permite o no el giro izquierda de la vía 1, acceso norte	Alfabetico	Si-No
PERMITE GIRO DER_V12	Se permite o no el giro derecha de la vía 1, acceso norte	Alfabetico	Si-No
SEPARADOR_V12	Tiene o no separador central la vía 1, acceso norte	Alfabetico	Si-No
TIPO SEPARADOR_V12	Tipo de separador central de la vía 1, acceso norte	Alfabetico	Anden, anden y vegetación, barrera, ciclorruta, señalización horizontal
MED SEPARADOR_V12	Longitud (m) separador central vía 1, acceso norte	Numerico	0,2-20
CEBRA PEATONAL_V12	Tiene o no cebra peatonal la vía 1, acceso norte	Alfabetico	Si-No
ANG,DEF_V12	Angulo de deflexión (°) de la vía 1, acceso norte, respecto a la vía ubicada a su derecha	Numerico	0°-180°

Tabla 4-2: (Continuación).

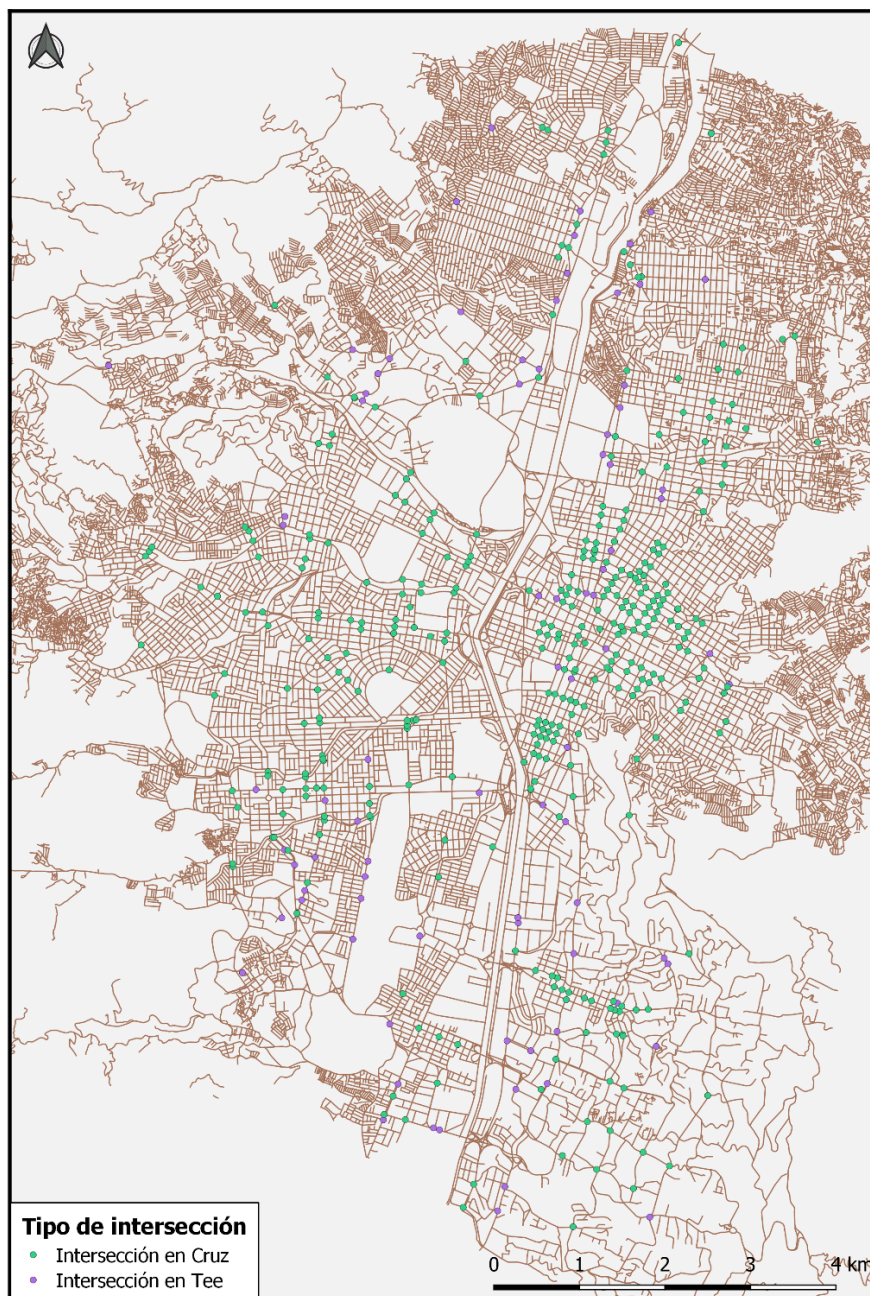
VARIABLE	SIGNIFICADO	FORMATO	VALORES TIPICOS
VIA 2	Nombre segunda via mencionada en la direccion, generalmente es la via de circulacion este-oeste	Alfanumerico	Variable
JERARQUIA_V2	Jerarquia oficial de la via 2 según red vial de la Secretaria de Movilidad	Alfabetico	Arteria menor, arteria principal, colector, servicio, rurales-cabecera
# CALZADAS_V2	Numero de calzadas de la via 2 según red vial de la Secretaria de Movilidad de Medellín	Numerico	0-4
# CALZADAS_V21	Numero de calzadas de la via 2, acceso este	Numerico	1-4
DISPOSICION_V21	Disposicion de la via 2, acceso este	Alfabetico	Entrada, salida, bidireccional
# CARRILES_V21	Numero de carriles totales via 2, acceso este	Alfabetico	1-11
PERMITE GIRO IZQ_V21	Se permite o no el giro izquierda de la via 2, acceso este	Alfabetico	Si-No
PERMITE GIRO DER_V21	Se permite o no el giro derecha de la via 2, acceso este	Alfabetico	Si-No
SEPARADOR_V21	Tiene o no separador central la via 2, acceso este	Alfabetico	Si-No
TIPO SEPARADOR_V21	Tipo de separador central de la via 2, acceso este	Alfabetico	Anden, anden y vegetacion, barrera, ciclorruta, señalizacion horizontal
MEDIDA SEP_V21	Longitud (m) separador central via 2, acceso este	Numerico	0,2-20
CEBRA PEATONAL_V21	Tiene o no cebra peatonal la via 2, acceso este	Alfabetico	Si-No
ANG, DEFL_V21	Angulo de deflexión (°) de la via 2, acceso este, respecto a la via ubicada a su derecha	Numerico	0°-180°
# CALZADAS_V22	Numero de calzadas de la via 2, acceso oeste	Numerico	1-4
DISPOSICION_V22	Disposicion de la via 2, acceso oeste	Alfabetico	Entrada, salida, bidireccional
# CARRILES_V22	Numero de carriles totales via 2, acceso oeste	Alfabetico	1-11
PERMITE GIRO IZQ_V22	Se permite o no el giro izquierda de la via 2, acceso oeste	Alfabetico	Si-No
PERMITE GIRO DER_V22	Se permite o no el giro derecha de la via 2, acceso oeste	Alfabetico	Si-No
SEPARADOR_V22	Tiene o no separador central la via 2, acceso oeste	Alfabetico	Si-No
TIPO SEPARADOR_V22	Tipo de separador central de la via 2, acceso oeste	Alfabetico	Anden, anden y vegetacion, barrera, ciclorruta, señalizacion horizontal
MEDIDA SEP_V22	Longitud (m) separador central via 2, acceso oeste	Numerico	0,2-20
CEBRA PEATONAL_V22	Tiene o no cebra peatonal la via 2, acceso oeste	Alfabetico	Si-No
ANG, DEFL_V22	Angulo de deflexión (°) de la via 2, acceso oeste, respecto a la via ubicada a su derecha	Numerico	0°-180°
TIPO DE INTERSECCION	Patron de la intersección entre la via 1 y 2	Alfabetico	Cruz, tee, mestropus, glorieta, especial, peatonal, tranvia.

Es importante resaltar que en los casos que las fotografías no permitieran observar completamente las características de la intersección, ya fuera por la presencia de árboles, estructuras aledañas o desgaste de la señalización horizontal, se hicieron visitas de campo

con el fin de obtener datos faltantes y confirmar los obtenidos. En el Anexo C se presenta la tabla de ejemplo de caracterización para las intersecciones estudiadas y en el Anexo D se muestra un ejemplo de la codificación usada en el modelo.

En la figura 4-2 se evidencia la localización de las intersecciones dentro del área de la ciudad de Medellín, incluyendo solo las intersecciones usadas en el desarrollo metodológico de esta investigación y clasificadas según su número de accesos.

Figura 4-2: Localización intersecciones semaforizadas Medellín.



4.3 Datos de volúmenes vehiculares

La información de volúmenes vehiculares fue otorgada por la Secretaria de Movilidad de Medellín junto con el Centro de control de semáforos de la ciudad. En Medellín la única información continua de aforos vehiculares corresponde al de las cámaras de fotodetección, que realizan conteos horarios, todos los días del año a partir del 2012. Aun así, esta información es limitada por la localización específica de las cámaras, por lo que no se tiene total cobertura de la red vial de la ciudad. Es por esto que también se obtuvieron otras siete bases de datos de aforos vehiculares, que corresponden a estudios particulares para ciertos sectores en diferentes años y con un nivel de detalle distinto.

En la tabla 4-3 se describen las diferentes bases de datos utilizadas y se da una descripción sobre ellas, conservando el nombre original del archivo recibido. En el anexo E se presenta una tabla que ejemplifica los datos reales encontrados en las diferentes fuentes de información.

Según la bibliografía los modelos de seguridad vial se trabajan mediante el máximo TPDA de las dos vías que confluyen en la intersección, sin embargo, como se mencionó en un aparte anterior, no se cuenta con un sistema de información continuo y completo que permita identificar este valor con total certeza y facilidad, por lo que se debieron realizar múltiples supuestos y procedimientos de interpolación y expansión de datos.

Lo primero fue asignar volúmenes disponibles de cada una de las fuentes a las intersecciones objetivo de estudio y hallar el TPD, debido a que algunas bases de datos no tienen conteos durante las 24 horas de al menos un día, se tuvo que multiplicar por un coeficiente dependiente del tiempo de aforo con el que se contaba, este coeficiente fue obtenido, graficando el comportamiento del tránsito durante todo el día en múltiples intersecciones que si contaban con una base de datos completa, estas intersecciones completas se clasificaron según su jerarquía, localización y características geométricas, para luego correlacionarlas con las intersecciones con ausencia de datos y así asignar coeficientes de expansión más acordes.

Tabla 4-3: Bases de datos volúmenes vehiculares de intersecciones semaforizadas.

BASE DE DATOS	DESCRIPCION	TIPO DE VOLUMEN	TIEMPO DE AFORO
CONDICIONES TRANSITO FASE4	Aforos realizados en segmentos viales durante el año 2010, según la fuente: "se realizó un análisis al interior de cada una de las zonas en que se dividió la ciudad, el cual estuvo orientado a lograr una cobertura adecuada de estaciones de aforo para una óptima caracterización del tránsito vehicular. Se establecieron en total 95 estaciones de aforo, 25 estaciones maestras (aforos tres días, durante 24 horas al día), tres estaciones maestras especiales en las cuales se aforó durante los siete días de la semana, durante las 24 horas del día y 67 estaciones muestrales (aforos dos días, durante 15 horas al día). Con los patrones del comportamiento de las estaciones maestras se extrapolan las estaciones muestrales a 24 horas, y con las muestrales especiales se extrapolan las maestras y las muestrales a los siete días de la semana, realizando de esta forma el cálculo del TPD para la malla	TPD	Variable
BD_AFOROS_UN_04_COR_DJ	Aforos realizados por multiples contratistas por encargo de la alcaldia de Medellin en ciertas intersecciones durante los años 2013-2016.	Promedio volumen vehicular cada 15 minutos para el tiempo	Datos cada 15 minutos entre las 6:00-10:00 y 16:00-20:00 de un solo día
Consolidación aforos adicionales.	Recopilacion de aforos realizados para multiples fines por la alcaldia de Medellin, realizados en ciertas intersecciones durante los años 2008-2012	Promedio volumen vehicular cada 15 minutos para el tiempo de aforo de cada	Datos cada 15 minutos en diferentes horarios durante un solo día.
Archivos #- LOCALIZACIÓN	Aforos realizados en el año 2016 para el estudio de movilidad de sitios específicos por la empresa Inter-Telco para la Secretaria de Movilidad de Medellin.	TPDS	Conteos cada 15 minutos las 24 horas del día durante 7 días de una
130829_BD	Aforos realizados por "steer davis gleave" en el Proyecto: "Calibración modelo de transporte del Valle de Aburrá" para Intersecciones en el año 2012.	Promedio volumen vehicular cada 15 minutos para el tiempo	Aforos de 15 minutos un solo día de 6:00 am a 12:00 m
Aforos planes zonales	Aforos realizados en el año 2010 por la persona juridica "Miriam Giraldo Ingeniera consultora" dentro del proyecto: "PROYECTO PLAN ESPECIAL DE ORDENAMIENTO ZONAL, PARA LAS ZONAS 4 Y6	Promedio volumen vehicular cada 15 minutos para el tiempo	Datos cada 15 minutos entre las 6:00-10:00 y 16:00-20:00 de un solo día
Carpeta base de datos aforos vehiculares y peatonales/AFOROS	La carpeta proporcionada por la Alcaldia de Medellin, contenia varias subcarpetas con aforos de multiples años, variados horarios y diversas fuentes, en muchos casos con ninguna	Promedio volumen vehicular cada 15 minutos para el tiempo	Datos cada 15 minutos en diferentes horarios durante un solo día.
Base de datos Fotodetección	Aforos de las cámaras de foto detección, datos tomados todos los días del año en la totalidad de los horarios en periodos de 1 hora, los registros que comienzan con las siglas XC representan completamente los volúmenes de tránsito en todas las maniobras y carriles de una intersección, en cambio los registros que comienzan con FT dan información únicamente del volumen vehicular del acceso principal y sin distinción de carriles o maniobras. El archivo original contiene las columnas: Nombre Fecha Intensidad (Veh/h) Categoría 1 (Veh/h) Categoría 2 (Veh/h) Categoría 3 (Veh/h).. Intensidad = Categoría 1 + Categoría 2 + Categoría 3. Categoría 1: vehículos con longitud de 0m – 6m, Categoría 2: vehículos con longitud de 6m – 12m, Categoría 3:	Promedio volumen vehicular cada 60 minutos para el tiempo de aforo	Generalmente todos los días en todos los horarios durante los años 2012-2016

Luego de tener el TPD para las intersecciones que contaban con al menos un dato de tránsito, se halló el TPDA, en los casos posibles por la abundancia de datos se realizó de la forma correcta, en los demás se asumió el TPDA igual al TPD del día que tenía información. para obtener datos año por año se utilizó como factor de crecimiento, el aumento vehicular en el Valle de Aburra.

Finalmente, para el resto de intersecciones que tenían un absoluto vacío de información, se procedió a geocodificar las intersecciones a arcmap y se usaron dos métodos de interpolación IDW o interpolación por distancia inversa, en este método la intersección a completar va a tener un volumen más parecido a las intersecciones cercanas conocidas y el segundo método fue el krigging, que usa funciones cuadráticas para hallar la relación entre dos intersecciones que están cerca, evitando de este modo errores al calcular el volumen de intersecciones que se encuentren espacialmente alejadas; por consiguiente se aplicó Krigging interpolation, procedimiento que ha sido implementado exitosamente para predecir volúmenes en segmentos viales y es ampliamente descrito de la literatura científica, restituyendo de este modo el 20% de los volúmenes [40]. En el Anexo F se evidencia un ejemplo de los volúmenes obtenidos para los años de análisis mediante el método descrito.

5. Aplicación y calibración CPM

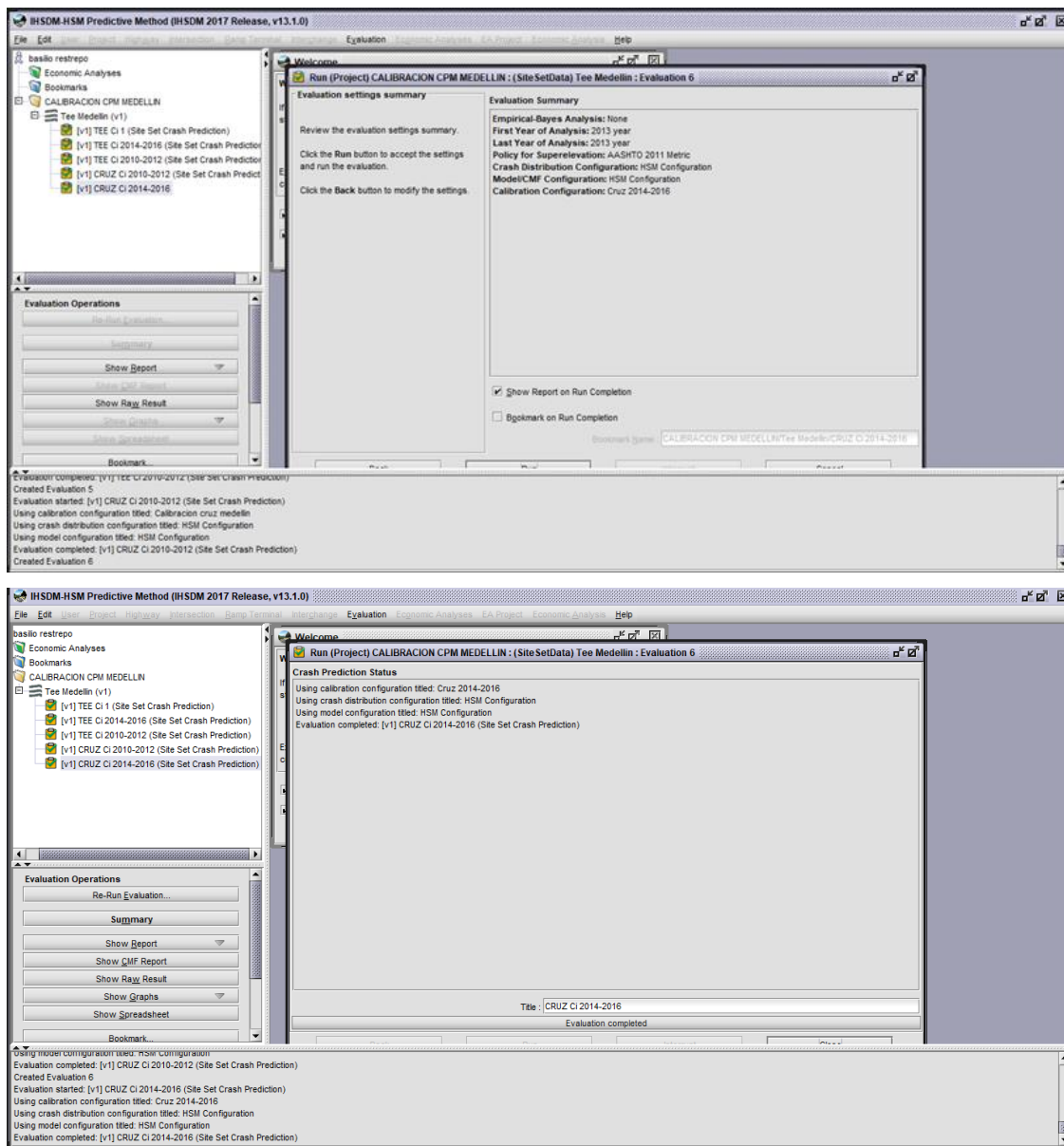
5.1 Procesamiento de datos

El CPM es el software que recopila los modelos del HSM, manual ampliamente desarrollado que constituye uno de los principales pilares del conocimiento en gestión de la seguridad vial en el Mundo; de aquí radica el interés en llevar a cabo el proceso de calibración de este manual en lo concerniente a intersecciones urbanas semaforizadas de tres y cuatro accesos.

Como se mencionó con anterioridad y siguiendo el procedimiento descrito en la figura 2-2, luego de tener los datos de geometría, tránsito y accidentalidad ordenadas, se procede con obtener la estimación de accidentes para las intersecciones propuestas mediante los modelos predictivos del HSM y luego comparar estos valores con los datos históricos de accidentalidad de la Ciudad de Medellín, obteniendo así el valor de calibración, uno para cada tipo de infraestructura, ya sea intersecciones semaforizadas de tres accesos o intersecciones semaforizadas de cuatro accesos.

Se tomó el año 2013 como objeto de comparación para evaluar la Aplicabilidad de los modelos predictivos del HSM mediante el CPM, el programa solo pide datos de entrada referentes a caracterización de la intersección y volúmenes de tránsito, un ejemplo de estos se presenta en el anexo G. En la estimación inicial se toma un factor de calibración local de 1, debido a que no se tienen en cuenta las diferencias derivadas del cambio de entorno geográfico, además esta evaluación inicial nos da una luz sobre las diferencias existentes en los patrones de accidentalidad de los Estados Unidos con las de Colombia. En la figura 5-1 se muestra la interface del software durante el proceso de estimación de la frecuencia de accidentes.

Figura 5-1: Proceso de estimación de frecuencia de accidentes CPM intersecciones.



La estimación se realizó tanto para intersecciones de 3 accesos como para intersecciones de 4 accesos. Los valores obtenidos se presentarán posteriormente en las tablas 5-1 y 5-2, en las mismas que se evidenciarán las estimaciones obtenidas usando los valores de C_i hallados posteriormente, facilitando así el análisis y comparación entre ellos.

Posteriormente se emprende el proceso de calibración del HSM mediante el CPM. Los datos de entrada al software se ejemplifican en el Anexo H; cumpliendo con los requisitos

de calibración propuestos en la bibliografía y teniendo en cuenta los requerimientos del software, se requiere una muestra mínima de 50 intersecciones para llevar a cabo el proceso, requisito que se cumple a cabalidad tanto para intersecciones en tee, como para intersecciones en cruz, además se solicita datos de caracterización (descritos en la revisión bibliográfica), datos de volúmenes e historial de accidentalidad durante un periodo de 3 años. Dada la cantidad de años que cuentan con información, se optó por hallar dos factores de calibración para cada tipo de intersecciones, el primero comprendido entre el 2010 y 2012, y el segundo entre 2014 y 2016. Lo cual nos deja el 2013 como año de evaluación, comparación y análisis. En las figuras 5-2 y 5-3 se evidencian fotografías del procedimiento en el software y de la obtención del factor de calibración para ambos tipos de intersecciones usando datos entre 2010 y 2012.

Figura 5-2: Proceso de cálculo Ci mediante CPM intersecciones en tee 2010-2012

Edit Three-Legged Signalized Intersection with Five Lanes or Fewer (USA_3SG) Sites

According to the Highway Safety Manual (HSM), required data items are to be collected for each site. Desired data items are also required, but have default values (specified in the HSM) that may be applied if actual data are not available. Default values either apply to all sites, or simplify the data collection process for individual sites. Note that the term "Desired" is not equivalent to "Required".

Required Site Data **Required Crash/Traffic Data** **Desired Site Data**

This tab lists the crash history and traffic data for the sites.

Site No.	Highway	Site Description	Years of Crash Data	Observed Number of Crashes	Year 1	Year 1 Major AADT	Year 1 Minor AADT	Year
2	3SG	AV 80 x CR 65 Ca...	3	10	2010	31,861	12,825	
3	3SG	CR 43 A x CL 14	3	10	2010	53,910	13,610	
4	3SG	CR 43 A x CL 16 A...	3	11	2010	39,662	19,379	
5	3SG	CR 43 A x CL 17 S...	3	4	2010	39,431	18,974	
6	3SG	CR 43 A x CL 19	3	7	2010	53,248	24,133	
7	3SG	CR 43 A x CL 3 SUR	3	6	2010	52,940	15,806	
8	3SG	CR 43 A x CL 5 A	3	7	2010	41,051	16,546	
9	3SG	CR 43 C x CL 6 S...	3	2	2010	43,446	19,641	
10	3SG	CR 43 D x CL 1 SUR	3	3	2010	45,872	18,010	
11	3SG	CR 43 G x CL 29	3	5	2010	24,736	44,845	
12	3SG	CR 45 x CL 29	3	12	2010	16,475	45,085	
13	3SG	CR 45 x CL 36	3	5	2010	23,512	43,472	
14	3SG	CR 45 x CL 48	3	19	2010	19,537	31,473	

Edit Crash Prediction Module Calibration Configuration Data

Three-Legged Signalized Intersection with Five Lanes or Fewer (USA_3SG)

The Calibration Factor may be Manually Specified or Calculated Using Site Data. The default value for the Calibration Factor is 1.0. The Add/Edit Site Data button accesses a separate interface which stores site data in a series of linked tables; the Calibrate Using Site Data button executes the calibration process using valid site data. The Site Summary table on this panel shows information related to the individual sites.

Calibration Factor

Calibrate Using Site Data
Manually Specify Calibration Factor...
Default Calibration Factor

Calibration Factor: 0.4483

Calibration Factor Mode: Calibrate Using Site Data

Site Data

Add/Edit Site Data... Export Site Data... Import Site Data...

Site Summary Table: Number of Valid Sites: 77 Number of Sites: 77

Valid	Site No.	Highway	Site Description	Years of Crash Data	Observed Number of Crashes	Predicted Number of Crashes
✓	2	3SG	AV 80 x CR 65 Campos ...	3	10	18,524
✓	3	3SG	CR 43 A x CL 14	3	10	23,247
✓	4	3SG	CR 43 A x CL 16 A SUR	3	11	21,9605
✓	5	3SG	CR 43 A x CL 17 SUR	3	4	24,8938
✓	6	3SG	CR 43 A x CL 19	3	7	23,0249

El factor de calibración local para intersecciones urbanas semaforizadas de tres accesos en la ciudad de Medellín es de 0,4483 usando datos entre 2010 y 2012.

Figura 5-3: Proceso de cálculo Ci mediante CPM intersecciones en cruz 2010-2012

According to the Highway Safety Manual (HSM), required data items are to be collected for each site. Desired data items are also required, but have default values (specified in the HSM) that may be applied if actual data are not available. Default values either apply to all sites, or simplify the data collection process for individual sites. Note that the term "Desired" is not equivalent to "Required".

Required Site Data **Required Crash/Traffic Data** **Desired Site Data**

This tab lists data items that are site geometric information. The first three columns are common fields for all tabs, but they may only be modified on this tab.

Site No.	Highway	Site Description	Number of Approaches with Left-Turn Lanes	Number of Approaches with Right-Turn Lanes	Presence of Lighting	Replaced with Roundabout	Number of Approaches with Permissive Left-Turn	Number of Approaches with Permissive or Protected Left-Turn	Number of Approaches with Protected Right-Turn	Number of Approaches with Right Turn on Red is	Presence of Red-Light Cameras
3	4SG	AV 80 x CL...	0	4	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	yes
4	4SG	AV JARDIN...	2	3	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	2	0	no
5	4SG	AV NUTIBA...	2	4	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	2	0	no
6	4SG	AV NUTIBA...	1	2	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	1	0	no
7	4SG	AV NUTIBA...	1	2	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	1	0	no
8	4SG	CR 29 A x ...	2	2	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	2	0	no
9	4SG	CR 29 x CL...	1	1	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	1	0	no
10	4SG	CR 30 x CL...	1	2	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	1	0	no
11	4SG	CR 30 x CL...	1	1	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	1	0	no
12	4SG	CR 32 B x ...	0	2	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	no
13	4SG	CR 32 x CL...	2	2	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	2	0	no
14	4SG	CR 32 x CL...	1	0	yes	<input type="checkbox"/>	0	0	1	0	no

Ok Cancel

El factor de calibración local para intersecciones urbanas semaforizadas de cuatro accesos en la ciudad de Medellín es de 0,560 usando datos entre 2010 y 2012.

En las figuras 5-4 y 5-5 se evidencian fotografías de la obtención del factor de calibración para ambos tipos de intersecciones usando datos entre 2014 y 2016.

Figura 5-4: Proceso de cálculo C_i mediante CPM intersecciones en tee 2014-2016

Three-Legged Signalized Intersection with Five Lanes or Fewer (USA_3SG)

The Calibration Factor may be Manually Specified or Calculated Using Site Data. The default value for the Calibration Factor is 1.0. The Add/Edit Site Data button accesses a separate interface which stores site data in a series of linked tables; the Calibrate Using Site Data button executes the calibration process using valid site data. The Site Summary table on this panel shows information related to the individual sites.

Calibration Factor

Calibrate Using Site Data
Manually Specify Calibration Factor...
Default Calibration Factor

Calibration Factor : 0.2083
Calibration Factor Mode : Calibrate Using Site Data

Site Data

Add/Edit Site Data... Export Site Data... Import Site Data...

Site Summary Table: Number of Valid Sites : 77 Number of Sites : 77

Valid	Site No.	Highway	Site Description	Years of Crash Data	Observed Number of Crashes	Predicted Number of Crashes	Help...
✓	2	3SG	AV 80 x CR 65 Campos...	3	15	30.3933	
✓	3	3SG	CR 43 A x CL 14	3	14	38.2486	
✓	4	3SG	CR 43 A x CL 16 A SUR	3	3	36.0166	
✓	5	3SG	CR 43 A x CL 17 SUR	3	4	40.8717	
✓	6	3SG	CR 43 A x CL 18	3	4	54.3796	

Ok Cancel

El factor de calibración local para intersecciones urbanas semaforizadas de tres accesos en la ciudad de Medellín es de 0,2083 usando datos entre 2014 y 2016.

Figura 5-5: Proceso de cálculo C_i mediante CPM intersecciones en cruz 2014-2016

Four-Legged Signalized Intersection with Five Lanes or Fewer (USA_4SG)

The Calibration Factor may be Manually Specified or Calculated Using Site Data. The default value for the Calibration Factor is 1.0. The Add/Edit Site Data button accesses a separate interface which stores site data in a series of linked tables; the Calibrate Using Site Data button executes the calibration process using valid site data. The Site Summary table on this panel shows information related to the individual sites.

Calibration Factor

Calibrate Using Site Data
Manually Specify Calibration Factor...
Default Calibration Factor

Calibration Factor : 0.2818
Calibration Factor Mode : Calibrate Using Site Data

Site Data

Add/Edit Site Data... Export Site Data... Import Site Data...

Site Summary Table: Number of Valid Sites : 358 Number of Sites : 358

Valid	Site No.	Highway	Site Description	Years of Crash Data	Observed Number of Crashes	Predicted Number of Crashes	Help...
✓	3	4SG	AV 80 x CL 65 Colpiso	3	30	32.3368	
✓	4	4SG	AV JARDIN x CR 74	3	0	46.5815	
✓	5	4SG	AV NUTIBARA x AV JA...	3	4	74.0505	
✓	6	4SG	AV NUTIBARA x COLAR 2	3	0	52.6879	
✓	7	4SG	AV NUTIBARA x COLAR 4	3	1	77.839	

Ok Cancel

El factor de calibración local para intersecciones urbanas semaforizadas de cuatro accesos en la ciudad de Medellín es de 0,2818 usando datos entre 2014 y 2016.

Por último, se aplica el método predictivo del HSM a intersecciones semaforizadas de tres y cuatro accesos para el año 2013 usando los valores de calibración regional C_i obtenidos, comparándola con la estimación inicial en condiciones base ($C_i=1$) y con el historial de accidentes, buscando definir cuál estimación de frecuencia de accidentes se aproxima

adecuadamente a las condiciones reales. En la tabla 5-1 se presentan los resultados para las intersecciones de 3 accesos y en la tabla 5-2 para intersecciones de 4 accesos.

Tabla 5-1: Resultados estimación frecuencia de accidentes intersecciones en Tee.

# Sitio	Dirección	Colisiones esperadas $C_i = 1$ (Choques/año)	Colisiones esperadas $C_i = 0.4483$ (Choques/año)	Colisiones esperadas $C_i = 0.2083$ (Choques/año)	Colisiones reales (Choques/año)
1	AV 80 x CR 65 Campos de paz	7.8203	3.5058	1.6286	3
2	CR 43 A x CL 14	9.8278	4.4058	2.0466	3
3	CR 43 A x CL 16 A SUR	9.2689	4.1552	1.9302	1
4	CR 43 A x CL 17 SUR	10.5129	4.713	2.1893	1
5	CR 43 A x CL 19	13.9672	6.2615	2.9087	4
6	CR 43 A x CL 3 SUR	13.6939	6.139	2.8517	3
7	CR 43 A x CL 5 A	10.5766	4.7415	2.2026	3
8	CR 43 C x CL 6 SUR (POMONA)	12.8439	5.7579	2.6747	1
9	CR 43 D x CL 1 SUR	10.5506	4.7298	2.1972	1
10	CR 43 G x CL 29	7.7694	3.483	1.618	1
11	CR 45 x CL 29	5.8515	2.6232	1.2186	7
12	CR 45 x CL 36	7.6397	3.4249	1.591	2
13	CR 46 x CL 48	6.4172	2.8768	1.3364	1
14	CR 48 x CL 1 SUR	12.1579	5.4504	2.5319	3
15	CR 48 x CL 16 A	12.7394	5.7111	2.653	5
16	CR 48 x CL 17	12.3096	5.5184	2.5635	1
17	CR 50 C x CL 12 SUR	14.611	6.5501	3.0427	2
18	CR 50 FF x CL 12 SUR	13.3273	5.9746	2.7754	6
19	CR 50 x CL 31 Tierragro	4.4612	2	0.929	1
20	CR 50 x CL 43	9.1435	4.099	1.9041	6
21	CR 51 D x CL 56	5.2995	2.3758	1.1036	0
22	CR 51 x AV DE GREIFF	5.4319	2.4351	1.1312	1
23	CR 51 x CL 56	5.2995	2.3758	1.1036	0
24	CR 51 x CL 58	2.6586	1.1919	0.5537	2
25	CR 51 x CL 59	2.5296	1.134	0.5268	7
26	CR 52 x AV DE GREIFF	5.5951	2.5083	1.1652	0
27	CR 52 x CL 100	6.2721	2.8118	1.3062	1
28	CR 52 x CL 12 A SUR	11.0502	4.9538	2.3012	0
29	CR 52 x CL 44	8.6761	3.8895	1.8068	10
30	CR 52 x CL 68	7.6961	3.4502	1.6027	0
31	CR 52 x CL 77	8.4596	3.7924	1.7617	2

Tabla 5-1: (Continuación).

32	CR 52 x CL 80	9.9379	4.4551	2.0696	2
33	CR 52 x CL 9 SUR	9.4942	4.2562	1.9772	2
34	CR 53 x CL 52	4.6325	2.0767	0.9647	2
35	CR 53 x CL 70 UdeA	3.9884	1.788	0.8306	0
36	CR 53 x CL 73	3.8135	1.7096	0.7942	3
37	CR 55 x CL 30 A	4.5088	2.0213	0.939	1
38	CR 55 x CL 51	4.1202	1.8471	0.858	1
39	CR 55 x CL 92	7.5071	3.3654	1.5633	3
40	CR 55 x CL 97 TRICENTENARIO	5.1046	2.2884	1.063	0
41	CR 56 x CL 50 Sta, Inés	4.6233	2.0726	0.9628	0
42	CR 65 x CL 80	8.0821	3.6232	1.6831	6
43	CR 65 x CL 81 ANFITEATRO	6.8347	3.064	1.4233	0
44	CR 65 x CL 91 C	12.8671	5.7683	2.6796	2
45	CR 65 x CL 93	10.4155	4.6693	2.169	0
46	CR 65 x CL 96	6.1867	2.7735	1.2884	3
47	CR 65 x CL 98	3.3123	1.4849	0.6898	1
48	CR 66 x CL 50	5.8228	2.6104	1.2126	1
49	CR 67 x CL 50	6.0197	2.6986	1.2536	3
50	CR 67 x CL 80	6.7381	3.0207	1.4032	5
51	CR 70 x CL 14	2.5591	1.1472	0.5329	1
52	CR 70 x CL 19	2.4159	1.083	0.5031	2
53	CR 70 x CL 24	2.9346	1.3156	0.6111	1
54	CR 70 x CL 32 A Rosales	3.711	1.6637	0.7728	4
55	CR 70 x CL 9	3.8082	1.7072	0.7931	7
56	CR 72 x CL 73	2.8217	1.265	0.5876	0
57	CR 75 x CL 80 ALTAMIRA	8.635	3.8711	1.7982	5
58	CR 76 x CL 11	2.8531	1.2791	0.5942	0
59	CR 76 x CL 13	2.6246	1.1766	0.5466	1
60	CR 76 x CL 20 A	3.055	1.3696	0.6362	0
61	CR 76 x CL 29	2.7373	1.2271	0.57	5
62	CR 78 x CL 65 Col, Mayor	3.9067	1.7514	0.8136	0
63	CR 80 x CL 11	3.147	1.4108	0.6554	0
64	CR 80 x CL 19 Col, Sn, CARLOS	3.4924	1.5656	0.7273	0
65	CR 80 x CL 75 Linda Pinta	5.3717	2.4081	1.1187	7
66	CR 80 x CL 76 Doña Maria	5.3061	2.3787	1.105	17
67	CR 80 x CL 78	2.8088	1.2592	0.5849	2
68	CR 80 x CR 78 Fac, Minas	4.3984	1.9718	0.916	0
69	CR 82 x CL 48	4.021	1.8026	0.8374	0
70	CR 82 x CL 48 A	4.0524	1.8167	0.8439	0
71	CR 85 C x CL 76 FERRINI	5.7173	2.5631	1.1906	0

Tabla 5-1: (Continuación).

72	DIAG 80 x CL 77 B U, SANTO TOMAS	3.8518	1.7268	0.8021	0
73	TRASV 78 x CL 79 B Ráp,Ochoa	6.4512	2.8921	1.3435	0
74	TRASV INF x CL 12	5.305	2.3782	1.1048	0
75	TRASV INF x CL 12 A	5.0826	2.2785	1.0584	0
76	TRASV INF x CL 7	9.6726	4.3362	2.0143	0
77	TRASV, SUP x CL 12 SUR	5.1247	2.2974	1.0672	0

Tabla 5-2: Resultados estimación frecuencia de accidentes intersecciones en Cruz.

# Sitio	Dirección	Colisiones esperadas Ci =1 (Choques/año)	Colisiones esperadas Ci =0.560 (Choques/año)	Colisiones esperadas Ci =0.2818 (Choques/año)	Colisiones reales (Choques/año)
1	AV 80 x CL 65 Colpisos	8.4792	4.7484	2.3897	11
2	AV JARDIN x CR 74	12.1783	6.82	3.4322	0
3	AV NUTIBARA x AV JARDIN	19.2963	10.8061	5.4383	2
4	AV NUTIBARA x CQLAR 2	13.7775	7.7156	3.8829	0
5	AV NUTIBARA x CQLAR 4	20.2323	11.3303	5.7021	1
6	CR 29 A x CL 5 SUR LINARES	5.8616	3.2826	1.652	2
7	CR 29 x CL 9 SUR	7.6374	4.277	2.1524	2
8	CR 30 x CL 45	1.8219	1.0203	0.5135	2
9	CR 30 x CL 47	1.8932	1.0602	0.5336	5
10	CR 32 B x CL 10	11.217	6.2816	3.1613	0
11	CR 32 x CL 10 TRASV INF	7.7704	4.3515	2.1899	0
12	CR 32 x CL 50	2.7428	1.536	0.773	3
13	CR 32 x CL 51	2.315	1.2964	0.6524	3
14	CR 34 x CL 1 SUR	11.9719	6.7044	3.374	0
15	CR 34 x CL 10	13.1027	7.3377	3.6927	0
16	CR 34 x CL 10 A	11.2131	6.2794	3.1602	0
17	CR 34 x CL 5	8.8835	4.9748	2.5036	0
18	CR 34 x CL 7	11.6387	6.5178	3.2801	0
19	CR 35 x CL 10	12.0458	6.7458	3.3949	2
20	CR 35 x CL 29 C (LOMA INDIO)	12.3334	6.9069	3.4759	1
21	CR 35 x CL 5 SUR	11.4809	6.4294	3.2357	0
22	CR 35 x CL 7	11.6811	6.5415	3.2921	0
23	CR 35 x CL 9 SUR	9.5493	5.3477	2.6913	2
24	CR 36 x CL 47	2.1831	1.2225	0.6153	3
25	CR 36 A x CL 40	2.2019	1.2331	0.6206	0
26	CR 36 A x CL 45	2.5808	1.4453	0.7273	0
27	CR 36 A x CL 47	2.1831	1.2225	0.6153	0

Tabla 5-2: (Continuación)

28	CR 36 A x CL 50	2.8002	1.5681	0.7892	1
29	CR 36 A x CL 51	2.4464	1.37	0.6895	0
30	CR 36 x CL 10	3.0262	1.6947	0.8529	1
31	CR 36 x CL 10 A	2.6884	1.5055	0.7577	1
32	CR 36 x CL 36	6.6389	3.7179	1.871	2
33	CR 36 x CL 36 A	3.3096	1.8534	0.9327	0
34	CR 36 x CL 40	2.635	1.4756	0.7426	1
35	CR 36 x CL 45 OZANAM	2.1548	1.2067	0.6073	6
36	CR 38 x CL 51	3.1976	1.7907	0.9012	1
37	CR 39 x CL 48	3.1352	1.7557	0.8836	2
38	CR 39 x CL 50	3.2717	1.8322	0.9221	3
39	CR 39 x CL 51	3.1752	1.7781	0.8949	0
40	CR 39 x CL 54	3.2001	1.7921	0.9019	3
41	CR 39 x CL 55	3.2004	1.7922	0.902	1
42	CR 39 x CL 58	2.2258	1.2465	0.6273	4
43	CR 39 x CL 7	5.2191	2.9227	1.4709	0
44	CR 40 x CL 10	6.6283	3.7119	1.8681	2
45	CR 40 x CL 47	3.3365	1.8685	0.9403	9
46	CR 40 x CL 48	3.2107	1.798	0.9049	4
47	CR 40 x CL 55 BOSTON	5.8508	3.2765	1.6489	2
48	CR 41 x CL 10	8.9448	5.0092	2.5209	6
49	CR 41 x CL 44	3.9277	2.1996	1.107	4
50	CR 41 x CL 46	3.8714	2.168	1.0911	14
51	CR 41 x CL 47	3.3371	1.8688	0.9405	8
52	CR 41 x CL 55	3.5734	2.0011	1.0071	3
53	CR 41 x CL 57	2.7644	1.5481	0.7791	3
54	CR 41 x CL 58	2.5758	1.4425	0.7259	5
55	CR 42 x CL 48	3.5971	2.0144	1.0138	0
56	CR 42 x CL 52	3.3238	1.8613	0.9367	0
57	CR 43 A x CL 1 SUR	12.5628	7.0353	3.5406	0
58	CR 43 A x CL 10	23.5031	13.162	6.6239	3
59	CR 43 A x CL 31	24.6014	13.7771	6.9334	0
60	CR 43 A x CL 34	24.4413	13.6874	6.8883	7
61	CR 43 A x CL 4 SUR	20.5022	11.4814	5.7781	4
62	CR 43 A x CL 9	23.5742	13.2018	6.6439	1
63	CR 43 B x CL 10	14.668	8.2142	4.1339	1
64	CR 43 C x CL 10	2.2827	1.2783	0.6433	1
65	CR 43 C x CL 11	1.9874	1.113	0.5601	0
66	CR 43 D x CL 11	3.7281	2.0878	1.0507	1
67	CR 43 F x CL 11	9.4208	5.2758	2.6551	1

Tabla 5-2: (Continuación)

68	CR 43 x CL 44	2.8243	1.5817	0.796	1
69	CR 43 x CL 46	3.7703	2.1114	1.0626	4
70	CR 43 x CL 47	2.6856	1.504	0.7569	4
71	CR 43 x CL 48	2.7152	1.5206	0.7652	8
72	CR 43 x CL 50	3.3965	1.9021	0.9572	3
73	CR 43 x CL 52	2.5199	1.4112	0.7102	2
74	CR 43 x CL 53	1.8024	1.0094	0.508	1
75	CR 43 x CL 54	1.6868	0.9446	0.4754	2
76	CR 43 x CL 55	2.1	1.176	0.5918	3
77	CR 43 x CL 56	1.7215	0.964	0.4852	3
78	CR 43 x CL 57	1.7069	0.9559	0.481	4
79	CR 43 x CL 58	1.5231	0.853	0.4293	2
80	CR 44 x CL 29	5.4258	3.0385	1.5292	4
81	CR 44 x CL 44	8.2022	4.5933	2.3116	7
82	CR 44 x CL 46	3.4536	1.934	0.9733	3
83	CR 44 x CL 69	3.3883	1.8975	0.9549	1
84	CR 44 x CL 71	3.6098	2.0215	1.0174	2
85	CR 44 x CL 74	3.0875	1.729	0.8702	0
86	CR 44 x CL 78	2.9463	1.6499	0.8303	7
87	CR 44 x CL 80	2.9636	1.6596	0.8352	2
88	CR 44 x CL 84	3.0236	1.6933	0.8522	0
89	CR 44 x CL 86	2.8973	1.6225	0.8166	2
90	CR 45 x CL 41	7.512	4.2068	2.1171	3
91	CR 45 x CL 44	7.136	3.9962	2.0111	3
92	CR 45 x CL 46	6.2704	3.5115	1.7672	3
93	CR 45 x CL 47	6.2825	3.5183	1.7706	5
94	CR 45 x CL 48	6.317	3.5376	1.7803	5
95	CR 45 x CL 52	5.4471	3.0505	1.5352	6
96	CR 45 x CL 53	6.5322	3.6581	1.841	1
97	CR 45 x CL 54	6.4902	3.6346	1.8291	3
98	CR 45 x CL 55	6.346	3.5538	1.7885	1
99	CR 45 x CL 56	6.1935	3.4684	1.7455	1
100	CR 45 x CL 57	6.1534	3.4459	1.7342	17
101	CR 45 x CL 58	6.0055	3.3632	1.6925	2
102	CR 45 x CL 66 A	4.625	2.5901	1.3035	0
103	CR 46 x CL 41	16.8108	9.4142	4.7378	5
104	CR 46 x CL 47	6.1174	3.4258	1.7241	12
105	CR 46 x CL 50	18.526	10.3747	5.2212	2
106	CR 46 x CL 52	14.8522	8.3174	4.1858	10
107	CR 46 x CL 53	16.0032	8.962	4.5102	13

Tabla 5-2: (Continuación)

108	CR 46 x CL 54	19.2597	10.7856	5.4279	3
109	CR 46 x CL 56	18.6506	10.4445	5.2563	10
110	CR 46 x CL 57	15.4389	8.6459	4.3511	16
111	CR 46 x CL 69	3.7065	2.0757	1.0446	1
112	CR 46 x CL 71 A	3.0708	1.7197	0.8655	1
113	CR 46 x CL 73	3.5184	1.9703	0.9916	0
114	CR 46 x CL 78	2.9793	1.6684	0.8397	1
115	CR 46 x CL 80	2.9687	1.6625	0.8367	2
116	CR 46 x CL 84	2.9716	1.6641	0.8375	2
117	CR 46 x CL 86	3.3618	1.8827	0.9475	2
118	CR 47 x CL 50	7.0212	3.932	1.9788	0
119	CR 47 x CL 52	7.138	3.9973	2.0117	2
120	CR 47 x CL 53	7.2215	4.0441	2.0352	4
121	CR 47 x CL 54	6.9599	3.8976	1.9615	0
122	CR 47 x CL 57	6.7387	3.7737	1.8992	13
123	CR 47 x CL 58	7.3413	4.1112	2.069	2
124	CR 47 x CL 59	3.1249	1.7499	0.8807	0
125	CR 47 x CL 61	3.6219	2.0283	1.0208	2
126	CR 47 x CL 62	3.2351	1.8117	0.9118	1
127	CR 47 x CL 67	5.6839	3.1831	1.6019	2
128	CR 48 x CL 14	17.3036	9.6902	4.8767	3
129	CR 48 x CL 16 A SUR	14.8194	8.299	4.1765	1
130	CR 48 x CL 17 C SUR (ZUÑIGA)	13.5038	7.5622	3.8058	0
131	CR 48 x CL 31 Tierragro	8.5495	4.7878	2.4095	4
132	CR 48 x CL 34	9.2228	5.1649	2.5993	2
133	CR 48 x CL 36	12.2793	6.8765	3.4607	1
134	CR 48 x CL 37	9.4842	5.3113	2.6729	4
135	CR 48 x CL 38	11.4591	6.4172	3.2295	5
136	CR 48 x CL 41	10.8728	6.0889	3.0643	0
137	CR 48 x CL 57	7.2142	4.04	2.0332	7
138	CR 48 x CL 58	5.9651	3.3405	1.6811	11
139	CR 48 x CL 59	3.7854	2.1199	1.0668	3
140	CR 48 x CL 61	3.548	1.9869	0.9999	1
141	CR 48 x CL 62	3.5336	1.9788	0.9959	3
142	CR 49 x CL 57	7.2937	4.0846	2.0556	4
143	CR 49 x CL 73	1.943	1.0881	0.5476	4
144	CR 49 x CL 78	1.5175	0.8498	0.4277	9
145	CR 50 E x CL 2 SUR	6.0262	3.3747	1.6984	0
146	CR 50 FF x CL 8 SUR	11.6611	6.5303	3.2865	2

Tabla 5-2: (Continuación)

147	CR 50 x AV 1 MAYO	6.9843	3.9113	1.9684	1
148	CR 50 x CL 34	11.5709	6.4798	3.261	2
149	CR 50 x CL 36	11.5381	6.4614	3.2518	1
150	CR 50 x CL 37	11.225	6.2861	3.1635	7
151	CR 50 x CL 38	11.4697	6.4231	3.2325	4
152	CR 50 x CL 41	9.2543	5.1825	2.6082	3
153	CR 50 x CL 44	7.5936	4.2525	2.1401	18
154	CR 50 x CL 48	8.8597	4.9615	2.4969	0
155	CR 50 x CL 49	7.6614	4.2905	2.1592	4
156	CR 50 x CL 50	8.4363	4.7244	2.3776	0
157	CR 50 x CL 53	7.1593	4.0093	2.0177	4
158	CR 50 x CL 54	5.2117	2.9186	1.4688	6
159	CR 50 x CL 56	7.5525	4.2295	2.1285	1
160	CR 50 x CL 57	7.3372	4.1089	2.0678	1
161	CR 51 D x CL 57	2.6089	1.461	0.7353	4
162	CR 51 D x CL 59	2.3026	1.2895	0.6489	4
163	CR 51 D x CL 61	11.4111	6.3903	3.216	0
164	CR 51 x CL 12 SUR	3.0493	1.7076	0.8594	2
165	CR 51 x CL 2 SUR	3.2376	1.8131	0.9124	1
166	CR 51 x CL 34	6.2917	3.5234	1.7732	4
167	CR 51 x CL 35	7.492	4.1956	2.1115	2
168	CR 51 x CL 36	6.6268	3.7111	1.8676	3
169	CR 51 x CL 37	7.7536	4.3421	2.1852	15
170	CR 51 x CL 38	7.0317	3.9378	1.9818	4
171	CR 51 x CL 41	4.4848	2.5116	1.264	7
172	CR 51 x CL 44	5.8212	3.2599	1.6406	4
173	CR 51 x CL 45	5.1021	2.8573	1.4379	2
174	CR 51 x CL 46	5.3627	3.0031	1.5114	1
175	CR 51 x CL 48	5.1876	2.9051	1.462	0
176	CR 51 x CL 49	4.754	2.6623	1.3398	2
177	CR 51 x CL 50	4.4468	2.4902	1.2532	3
178	CR 51 x CL 57	2.6089	1.461	0.7353	6
179	CR 51 x CL 61	11.4111	6.3903	3.216	4
180	CR 51 x CL 62	11.194	6.2688	3.1548	2
182	CR 51 x CL 68	8.229	4.6083	2.3192	1
183	CR 52 x CL 10 SUR	13.4529	7.5338	3.7914	1
184	CR 52 x CL 12 SUR	11.8003	6.6083	3.3257	3
185	CR 52 x CL 2 SUR	7.4261	4.1587	2.0929	7
186	CR 52 x CL 25	14.3662	8.0452	4.0488	6
187	CR 52 x CL 36	11.7849	6.5997	3.3213	0
188	CR 52 x CL 37	11.3003	6.3283	3.1848	1

Tabla 5-2: (Continuación)

189	CR 52 x CL 38	11.8018	6.6091	3.3261	1
190	CR 52 x CL 41	9.5104	5.3259	2.6803	0
191	CR 52 x CL 54	6.2696	3.511	1.767	2
192	CR 52 x CL 57	5.1623	2.8909	1.4549	4
193	CR 52 x CL 57 B	5.6282	3.1518	1.5862	0
194	CR 52 x CL 58	11.2508	6.3005	3.1708	4
195	CR 52 x CL 59	12.2721	6.8725	3.4587	3
196	CR 52 x CL 61	12.3107	6.8941	3.4695	0
197	CR 52 x CL 62	12.0611	6.7543	3.3992	0
198	CR 52 x CL 64	12.4043	6.9466	3.4959	1
199	CR 52 x CL 70	12.5319	7.018	3.5319	2
200	CR 52 x CL 73	12.7071	7.1161	3.5812	1
201	CR 52 x CL 82 Cuatro Bocas	12.1727	6.8168	3.4306	0
202	CR 52 x CL 94	3.016	1.689	0.85	0
203	CR 53 x AV GREIFF	5.0163	2.8092	1.4137	1
204	CR 53 x CL 46	4.0769	2.2831	1.149	1
205	CR 53 x CL 49	5.0815	2.8457	1.4321	5
206	CR 53 x CL 50	6.5204	3.6515	1.8376	1
207	CR 53 x CL 51	4.7644	2.6681	1.3428	0
208	CR 53 x CL 54	3.8925	2.1799	1.097	5
209	CR 53 x CL 57	2.442	1.3675	0.6882	2
210	CR 53 x CL 57 B	3.3569	1.8799	0.9461	2
211	CR 53 x CL 59	2.7081	1.5166	0.7632	1
212	CR 53 x CL 94	3.1543	1.7664	0.889	0
213	CR 54 x AV GREIFF	5.0001	2.8001	1.4092	6
214	CR 54 x CL 45 BIBLIOTECA EPM	5.163	2.8913	1.4551	5
215	CR 54 x CL 46	5.098	2.8549	1.4368	5
216	CR 54 x CL 48	4.7272	2.6473	1.3323	0
217	CR 54 x CL 49	4.9152	2.7526	1.3853	4
218	CR 54 x CL 50	5.2309	2.9293	1.4742	6
219	CR 54 x CL 51	4.7628	2.6672	1.3423	1
220	CR 54 x CL 52	4.7985	2.6872	1.3524	2
221	CR 54 x CL 54	4.9195	2.755	1.3865	2
222	CR 55 x CL 46	4.9366	2.7645	1.3913	2
223	CR 55 x CL 48	4.7271	2.6472	1.3322	4
224	CR 55 x CL 49	4.4264	2.4788	1.2475	2
225	CR 55 x CL 50	12.2056	6.8353	3.4399	9
226	CR 55 x CL 52 A	4.9476	2.7707	1.3944	1
227	CR 56 C x CL 50 San Benito	4.9269	2.7591	1.3886	4

Tabla 5-2: (Continuación)

228	CR 57 x CL 38	3.813	2.1353	1.0746	2
229	CR 65 x AV BOLIVARIANA	8.6788	4.8602	2.4459	0
230	CR 65 x CL 103 E	3.3028	1.8496	0.9308	4
231	CR 65 x CL 103 FF	3.5713	2	1.0065	0
232	CR 65 x CL 104	3.1813	1.7816	0.8966	1
233	CR 65 x CL 2	9.6146	5.3843	2.7097	1
234	CR 65 x CL 20	16.9773	9.5075	4.7847	5
235	CR 65 x CL 25	12.8277	7.1836	3.6152	5
236	CR 65 x CL 30 A	13.5881	7.6095	3.8295	5
237	CR 65 x CL 43	22.9787	12.8683	6.4761	0
238	CR 65 x CL 44	19.6759	11.0187	5.5453	12
239	CR 65 x CL 47 D	17.6674	9.8939	4.9792	0
240	CR 65 x CL 48	20.653	11.5659	5.8206	1
241	CR 65 x CL 49 B	19.2399	10.7745	5.4224	2
242	CR 65 x CL 50	18.3248	10.2621	5.1645	7
243	CR 65 x CL 51	18.0912	10.1313	5.0986	6
244	CR 65 x CL 55	14.3942	8.0609	4.0567	6
245	CR 65 x CL 89	17.6589	9.8891	4.9768	1
246	CR 65 x CL 94	15.0216	8.4123	4.2335	0
247	CR 65 x CL 95	8.9109	4.9902	2.5114	2
248	CR 65 x CL 97	2.7047	1.5147	0.7623	4
249	CR 65 x TRASV 78	16.96	9.4978	4.7798	7
250	CR 66 A x CL 33 LAT OCCIDENTAL	3.5993	2.0157	1.0144	1
251	CR 66 A x CL 33 LAT ORIENTAL	2.9843	1.6712	0.8411	0
252	CR 66 B x CL 30 A	6.6547	3.7267	1.8755	4
253	CR 66 B x CL 32 F NORTE	9.8207	5.4997	2.7678	4
254	CR 66 B x CL 32 F SUR	9.4395	5.2862	2.6603	0
255	CR 66 B x CL 33	9.4429	5.2881	2.6613	9
256	CR 66 x CL 94	7.5099	4.2056	2.1165	0
257	CR 66 x CL 95	9.4617	5.2987	2.6666	0
258	CR 67 x CL 49 B	15.6123	8.743	4.4	2
259	CR 67 x CL 51	14.807	8.2921	4.1731	0
260	CR 68 A x CL 44	7.504	4.2023	2.1148	4
261	CR 68 A x CL 47 D	9.1023	5.0974	2.5653	1
262	CR 68 A x CL 48	10.3415	5.7913	2.9145	0
263	CR 69 x CL 73	11.0672	6.1978	3.1191	3
264	CR 70 x CL 26 B	6.0552	3.391	1.7065	1
265	CR 70 x CL 27	6.0413	3.3832	1.7026	0

Tabla 5-2: (Continuación)

266	CR 70 x CL 29	5.9819	3.3499	1.6859	3
267	CR 70 x CL 30 A	5.6031	3.1378	1.5791	3
268	CR 70 x CL 43	9.005	5.0429	2.5379	0
269	CR 70 x CL 44	8.5317	4.7778	2.4045	6
270	CR 70 x CL 44 A	8.7474	4.8986	2.4653	1
271	CR 70 x CL 47 D	9.2955	5.2056	2.6198	2
272	CR 70 x CL 48	9.4698	5.3032	2.6689	4
273	CR 70 x CL 50	7.315	4.0965	2.0616	11
274	CR 70 x CL 51	7.4956	4.1976	2.1125	5
275	CR 70 x CL 53	7.2877	4.0812	2.0539	1
276	CR 70 x CL 55	7.6215	4.2681	2.148	3
278	CR 72 A x CL 78 B	10.9832	6.1507	3.0954	4
279	CR 73 x CL 43	8.9412	5.0071	2.5199	1
280	CR 73 x CL 44	8.5966	4.8142	2.4228	4
281	CR 73 x CL 47 D	8.3258	4.6626	2.3465	0
282	CR 73 x CL 53	4.7828	2.6784	1.3479	4
283	CR 74 A x CL 104	2.4801	1.3889	0.699	0
284	CR 74 x CL 104	1.4377	0.8051	0.4052	1
285	CR 74 x CL 44	4.6807	2.6212	1.3192	3
286	CR 74 x CL 50	3.4153	1.9126	0.9625	9
287	CR 74 x CL 53	4.5612	2.5543	1.2855	13
288	CR 74 x CL 55	4.9654	2.7807	1.3994	8
289	CR 74 x CL 60	5.0492	2.8276	1.423	6
290	CR 76 x CL 16	3.5413	1.9832	0.9981	2
291	CR 76 x CL 25	3.2657	1.8288	0.9204	1
292	CR 76 x CL 27	3.5958	2.0137	1.0134	0
293	CR 76 x CL 28	4.2131	2.3594	1.1874	6
294	CR 76 x CL 30 A	4.3942	2.4608	1.2384	1
295	CR 76 x CL 31	4.0914	2.2912	1.1531	1
296	CR 76 x CL 32 B PICACHA SUR	4.758	2.6645	1.3409	0
297	CR 76 x CL 32 BB PICACHA NORTE	4.8198	2.6991	1.3584	0
298	CR 76 x CL 32 F	4.6069	2.5799	1.2984	0
299	CR 76 x CL 33	5.6446	3.1611	1.5908	4
300	CR 76 x CL 33 A	4.7974	2.6866	1.3521	0
301	CR 76 x CL 35	9.9452	5.5694	2.8028	0
302	CR 77 x CL 30 A	1.1951	0.6693	0.3368	1
303	CR 78 x CL 30	7.1081	3.9806	2.0033	4
304	CR 78 x CL 30 A	8.2732	4.6331	2.3316	1
305	CR 78 x CL 32 SUR	7.3802	4.133	2.0799	2

Tabla 5-2: (Continuación)

306	CR 78 x CL 32 NORTE	8.2216	4.6042	2.3171	0
307	CR 78 x CL 33	2.248	1.2589	0.6336	1
308	CR 78 x CL 44	6.8822	3.8541	1.9396	5
309	CR 78 x CL 44 A	7.9848	4.4716	2.2503	0
310	CR 78 x CL 47 D	6.497	3.6384	1.831	7
311	CR 79 x AV NUTIBARA	8.8746	4.9699	2.5011	1
312	CR 80 A x CL 44 Consumo	4.3874	2.457	1.2365	0
313	CR 80 x CL 20 A	4.3701	2.4473	1.2316	4
314	CR 80 x CL 21	10.7559	6.0234	3.0313	1
315	CR 80 x CL 25	11.2392	6.2941	3.1675	5
316	CR 80 x CL 28	0.8805	0.4931	0.2482	3
317	CR 80 x CL 30 A	0.9398	0.5263	0.2649	4
318	CR 80 x CL 31 NORTE MIMOS	3.6209	2.0277	1.0205	0
319	CR 80 x CL 31 SUR MIMOS	2.9376	1.6451	0.8279	0
320	CR 80 x CL 35	8.236	4.6122	2.3211	3
321	CR 80 x CL 45 G	10.8414	6.0713	3.0554	1
322	CR 80 x CL 46	16.7339	9.3712	4.7161	1
323	CR 80 x CL 47 D	31.5279	17.6559	8.8855	1
324	CR 80 x CL 48	30.5052	17.0832	8.5973	7
325	CR 80 x CL 54 A	16.7918	9.4036	4.7324	3
326	CR 80 x CL 55	17.0518	9.5492	4.8057	6
327	CR 80 x CL 80	8.5843	4.8073	2.4193	10
328	CR 80 x CL 9 Cost, SUR	4.8629	2.7233	1.3705	0
329	CR 81 A x CL 54	3.1467	1.7622	0.8868	0
330	CR 81 x CL 54 EMAUS	6.3731	3.569	1.7961	5
331	CR 82 x CL 50	4.5793	2.5645	1.2906	1
332	CR 83 x CL 19 (Cost, NORTE)	3.8117	2.1346	1.0743	0
333	CR 83 x CL 19 (Cost, SUR)	3.813	2.1353	1.0746	0
334	CR 83 x CL 29	4.2893	2.4021	1.2089	3
335	CR 83 x CL 30 A	3.9253	2.1982	1.1063	3
336	CR 84 x CL 34 (Corazonista)	3.4314	1.9216	0.9671	8
337	CR 84 x CL 35	3.7693	2.1108	1.0623	4
338	CR 84 x CL 44	4.5748	2.562	1.2893	2
339	CR 85 x CL 65 LOMA ROBLEDO	5.1546	2.8866	1.4527	2
340	CR 87 x CL 47 D	5.0571	2.832	1.4252	3
341	CR 87 x CL 47 DD	3.1924	1.7878	0.8997	1
342	CR 87 x CL 47 F	3.1921	1.7876	0.8996	1
343	CR 87 x CL 48 A	2.712	1.5187	0.7643	3
344	CR 90 x CL 44	4.4837	2.5109	1.2637	4

Tabla 5-2: (Continuación)

345	CR 92 x CL 35	2.6743	1.4976	0.7537	3
346	CR 92 x CL 44	3.8939	2.1806	1.0974	4
347	CR 99 x CL 44	2.6551	1.4869	0.7483	9
348	CR 99 x CL 45	4.9598	2.7776	1.3978	0
349	CR 99 x CL 47 B	4.1846	2.3434	1.1793	0
350	TRASV 39 B x CIRQ 73 B CARULLA LAURELES	19.7135	11.0397	5.5559	4
351	TRASV 73 x CL 65 SAN GERMAN	2.4535	1.374	0.6915	0
352	TRASV INF, x CL 1 SUR	5.0549	2.8308	1.4246	0
353	TRASV INF, x CL 16 A SUR	5.7496	3.2198	1.6204	0
354	TRASV INF, x CL 5 SUR	7.3511	4.1167	2.0718	0
355	TRASV INF, x CL 9 SUR	8.4127	4.7112	2.371	0
356	TRASV SUP x CL 2/3 CC EL TESORO	6.2951	3.5253	1.7741	0
357	TRASV SUP x CL 4 SUR	5.7425	3.2158	1.6184	0
358	TRASV SUP x CL 5 SUR	5.5307	3.0972	1.5587	0

5.2 Análisis de resultados

De la comparación entre el historial de accidente para las intersecciones semaforizadas en Medellín versus la estimación de frecuencia de accidentes mediante el método predictivo del HSM se intuye nula correspondencia. Los valores arrojados por el CPM sobre estiman el número de incidentes viales en casi la totalidad de las intersecciones, creando bastantes dudas sobre la aplicabilidad del mismo en el entorno de análisis bajo condiciones base, reflejadas en $C_i=1$.

Para evaluar los valores de accidentalidad estimados por el modelo predictivo del HSM se utilizaron variados estadísticos de bondad de ajuste, para esto, se usaron las siguientes notaciones:

\hat{Y}_o = media de los accidentes observados Y_{io}

\hat{Y}_p = media de los accidentes predichos Y_{ip}

Y_{io} = accidentes observados en la intersección i

Y_{ip} = accidentes predichos en la intersección i

Una breve descripción de los estadísticos de bondad de ajuste utilizados se muestra a continuación:

- r-Pearlson: coeficientes de correlación del momento del producto de Pearson entre las frecuencias de accidentes observadas y pronosticadas los rangos de +1 a -1 y representan el grado de relación lineal entre dos variables. Una correlación de ± 1 significa que hay una perfecta relación lineal positiva / negativa entre los valores pronosticados y observados. Una correlación de 0 significa que no hay una relación lineal entre los valores.

▪

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{io} - \bar{Y}_o) * (Y_{ip} - \bar{Y}_p)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{io} - \bar{Y}_o)^2 * \sum_{i=1}^n (Y_{ip} - \bar{Y}_p)^2}} \quad (5-1)$$

- sMAPE - Error porcentual absoluto medio simétrico: Esta medida de bondad de ajuste se deriva de la más clásica "MAPE" (Error de porcentaje absoluto) para la cual la diferencia absoluta entre Y_{io} e Y_{ip} se divide por el único valor observado Y_{io} , dando lugar a un significativo inconveniente en la aplicación práctica si hay valores observados iguales a cero.

$$sMAPE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{|Y_{io} - Y_{ip}|}{Y_{io} + Y_{ip}} * 100 \quad (5-2)$$

- MAD - Desviación media absoluta: Es el correspondiente del MBP en valor absoluto. La MAD da una medida de la magnitud media de variabilidad de la predicción. Un gran MAD sugiere que el modelo no puede predecir bien los datos observados. Esta estadística es más significativa que el MBP, ya que en el caso del MPB las subestimaciones y sobreestimaciones suelen compensarse mutuamente. Se compara con la media de accidentes observados como porcentaje de ella.

$$MAD = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n |Y_{io} - Y_{ip}| \quad (5-3)$$

- MPB - Sesgo de predicción media: proporciona una medida de la magnitud y la dirección del sesgo promedio del modelo en comparación con los datos

observados. Cuanto más pequeño sea el MPB, mejor será el modelo para predecir los datos de validación observados. Un MPB positivo sugiere que, en promedio, el modelo predice en exceso los datos observados, mientras que un valor negativo sugiere una subestimación sistemática.

$$MPB = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (Y_{io} - Y_{ip}) \quad (5-4)$$

A continuación, en las tablas 5-3 y 5-4 se evidencian los resultados de la evaluación de transferibilidad usando los estadísticos de bondad de ajuste mencionados, para los valores encontrados de C_i para los distintos intervalos de tiempo de análisis, 2010-2012 y 2014-2016, tanto para intersecciones en te como para intersecciones en cruz.

Tabla 5-3: Bondad de ajuste intersecciones de tres accesos

	\hat{Y}_o	\hat{Y}_p	r	MPB	MAD	Smape
Intersecciones en Te $C_i=1$	2,14	6,68	0,14	-4,54	5,21	66%
Intersecciones en Te (2010-2012) $C_i=0.4483$	2,14	2,99	0,14	-0,85	2,38	56%
Intersecciones en Te (2014-2016) $C_i=0.2083$	2,14	1,39	0,14	0,75	1,76	57%

Tabla 5-4: Bondad de ajuste intersecciones de cuatro accesos

	\hat{Y}_o	\hat{Y}_p	r	MPB	MAD	Smape
Intersecciones en Cruz $C_i=1$	2,8	7,42	0,08	-4,61	5,55	56%
Intersecciones en Cruz (2010-2012) $C_i=0.560$	2,8	4,15	0,08	-1,35	3,22	51%
Intersecciones en Cruz (2014-2016) $C_i=0.2818$	2,8	2,09	0,08	0,71	2,41	54%

Por consiguiente, se obtuvieron 2 valores de C_i para cada tipo de intersección a analizar, de tres y cuatro accesos. A pesar de cumplir los supuestos exigidos en el HSM para un correcto proceso de calibración, como lo es principalmente el tamaño de la muestra y la suficiencia de datos, tampoco se obtienen estimaciones confiables y acertadas en cuanto a la frecuencia de incidentes viales, por lo tanto, se concluye no-transferibilidad bajo las condiciones del alcance de esta investigación.

Si bien es cierto que en términos generales los factores de calibración obtenidos reducen un poco la diferencia entre las estimaciones y el historial de accidentes, al individualizar las intersecciones no se evidencia una representación fidedigna de las condiciones de seguridad vial de la misma, es decir, para unos sitios las estimaciones del método

predictivo del HSM calibrado superan por poco el historial de accidentes, para otros sobre estiman con creces la accidentalidad. Por lo tanto, estas estimaciones parecen arrojar resultados completamente aleatorios, sin mostrar patrones que nos lleven a concluir las causas o las variables que más aportan en la inseguridad vial.

Seguidamente, la abrupta reducción de los factores de calibración obtenidos para los años 2014-2016 respecto a sus semejantes obtenidos entre 2010-2012, se puede explicar por el crecimiento del tránsito, problema acentuado en países en vía de desarrollo como Colombia, entonces, por singularidades en esta región, el crecimiento automotor en Medellín es mayor al crecimiento de la accidentalidad en la ciudad, lo que no refleja el modelo predictivo del HSM, en el cual el crecimiento en la frecuencia de accidentes es proporcional al crecimiento del tránsito.

Abordar la calibración del HSM mediante el cálculo de un factor de calibración local que ajuste el método predictivo a las condiciones propias de intersecciones urbanas en el país o ciudad de análisis, es una labor recomendada por variedad de autores, aun así, otros consideran que el mejor camino a tomar es la creación de modelos de seguridad vial propios para cada jurisdicción o dicho de otro modo, determinar una función de desempeño de la seguridad vial que represente las condiciones de una región en específico, en términos de información disponible, historial de accidentalidad y factores contribuyentes a los incidentes de tránsito. Este último sería el caso pertinente, ya que, la incapacidad del método predictivo del HSM de entregar estimaciones confiables de frecuencia de accidentes y de representar aceptablemente las singularidades de la accidentalidad en las intersecciones semaforizadas de Medellín, incluso mediante su calibración, nos hace descartar la idea de su uso para localizar puntos negros de inseguridad vial o evaluar alternativas de diseño en modificaciones o nuevas construcciones de infraestructura vial.

6. Aproximación a funciones de desempeño de seguridad vial (SPF)

6.1 Procesamiento de datos

La estimación de las funciones de rendimiento de seguridad SPF para intersecciones semaforizadas en Medellín se evaluó por separado para la propiedad de accidentes de solo daños (PDO) y accidentes con heridos y fatalidades (FI). La estimación de las SPFs se implementó para un periodo de 5 años de accidentes, 2012-2016. Un total de 447 intersecciones se incluyeron en el análisis. La exposición para las SPFs en las intersecciones urbanas semaforizadas fue representada como el producto entre los TPDAs de los accesos principal y secundario de la intersección. Estadísticos descriptivos de las variables incluidas en estas dos categorías de SPFs se muestran en la tabla 6-1.

Tabla 6-1: Estadísticos descriptivos variables incluidas en SPFs

Variable	N	Media	Des. Est.	Mínimo	Maximo
PDO Colisiones	447	7.503	8.316	0.000	55.000
FI Colisiones	447	5.740	6.178	0.000	38.000
TPDA Acceso principal	447	28565.000	19763.000	0.000	101266.000
TPDA Acceso secundario	447	26612.000	15578.000	0.000	75740.000
Intersección T	447	0.197	-	0.000	1.000
Proporción Mediana central	447	0.273	-	0.000	1.000
Proporción cebra peatonal	447	0.709	-	0.000	1.000
Proporción Flujo unidireccional	447	0.067	-	0.000	1.000
Proporción Flujo unidireccional	447	0.628	-	0.000	1.000
Proporción permisividad giro derecha	447	0.554		0.000	1.000

Las funciones de desempeño de seguridad SPFs estimadas son caracterizadas mediante las expresiones (ver ecuación (6.1), (6.2)):

- Accidentes de solo daños

$$\begin{aligned} \text{Accidentes totales} = & (\text{TPDA}_1 \cdot \text{TPDA}_2)^{0.14955} \cdot \exp(-1.47838 - 0.59676 \cdot T_{\text{Indicador}} + \\ & 0.24088 \cdot \text{Numero carriles} - 0.23366 \text{ Ind. Mediana} - 0.28099 \text{ Ind. Cebra} - \\ & 2.18259 \text{ Ind. Flujo unidireccional}) \end{aligned} \quad (6-1)$$

▪ Accidentes con lesiones y fatalidades

$$\begin{aligned} \text{Accidentes totales} = & (\text{TPDA}_1 \cdot \text{TPDA}_2)^{0.12575} \cdot \exp(-0.83374 - 0.59236 \cdot T_{\text{Indicador}} + \\ & 0.26526 \cdot \text{Ind. Bidireccional} + 0.25422 \text{ Ind. Giro derecha permitido}) \end{aligned} \quad (6-2)$$

En las tablas 6-2 y 6-3 se presentan los resultados de la regresión binomial negativa. En orden considerando la exposición, se presenta una lista de parámetros incluyendo el nombre de variable, coeficiente estimado, error estándar, Z estadístico y el valor P que corresponde al área bajo la curva para Z mayor que es 1.645 (95% de confianza). Además, se ha incluido también la bondad de las medidas de ajuste: parámetro de sobredispersión, desviaciones nulas y residuales y el criterio de información de Akaike (AIC).

Tabla 6-2: Resultados regresión BN accidentes solo daños

Variable	Coef. Estimado	Error estandar	Z Estadístico	P
Intersección	-1.47838	0.43482	-3.400	0.000674
Volumen diario	0.14955	0.02094	7.141	< 0.0001
T-Indicador	-0.59676	0.19165	-3.114	0.001847
Número de Carriles	0.24088	0.04627	5.206	< 0.0001
Indicador de Mediana	-0.23366	0.16493	-1.417	0.156560
Indicador de cebra	-0.28099	0.11504	-2.443	0.014583
Indicador de dirección de flujo vehicular	-2.18259	0.75789	-2.880	0.003979
Parámetro de sobredispersión ϕ			1.2831 (p-value <0.00001)	
Desviación nula			559.9	
Desviación residual			434.3	
AIC			2292.8	

Tabla 6-3: Resultados regresión BN accidentes con lesiones y fatalidades

Variable	Coef. Estimado	Error estandar	Z Estadístico	P
Intersección	-0.83774	0.39574	-2.117	0.03427
Volumen diario	0.12575	0.01962	6.409	< 0.0001
T-Indicador	-0.59236	0.20077	-2.950	0.00317
Indicador flujo bidireccional	0.26526	0.12333	2.151	0.03149
Indicador de permisividad de giro a derecha	0.25422	0.17014	1.494	0.13513
Parámetro de sobredispersión ϕ			1.111 (p-value <0.00001)	
Desviación nula			525.09	
Desviación residual			454.13	
AIC			2201.9	

Es importante destacar que se usaron todas las variables de caracterización expuestas en el aparte de procesamiento de datos, a excepción de: longitud de mediana, tipo de mediana y ángulo de deflexión, esto debido a la dificultad de convertir las variables a datos binarios, además, estas características podrían reflejarse de manera más adecuada mediante la creación de Factores de Modificación de Accidentes CMF, haciendo uso de estos, se facilitaría la evaluación de intervenciones a intersecciones existentes y serviría de apoyo en la toma de decisiones en el diseño de nuevas intersecciones. La creación de los CMF se recomienda como continuidad de este proyecto para próximas investigaciones.

Retomando la idea anterior, las demás variables usadas pasaron por múltiples procesos estadísticos para determinar su significancia, correlación e importancia como variables explicativas en los incidentes viales; de aquí se concluyeron las variables más importantes que regulan la accidentalidad en la ciudad de Medellín y que fueron reflejadas en las ecuaciones (6.1), (6.2).

Por último, en el anexo I se muestra la matriz de correlación de las variables que intervinieron en la modelación y en el anexo J se da a conocer la rutina de modelación en R.

6.2 Análisis de resultados

Los dos modelos de estimación creados producen parámetros de sobredispersión más grandes y significativos que 1, indicando que la regresión binomial negativa era el enfoque

adecuado sobre la regresión de Poisson. También, en ambos casos, la exposición tuvo un impacto positivo en el número de accidentes, que es un hallazgo intuitivo. También se consideró la influencia separada de los volúmenes con un hallazgo no significativo en el caso del TPDA del acceso secundario.

En cuanto a los accidentes de solo daño, el indicador de intersección en Tee, el indicador de mediana central, la presencia de cebr peatonal y la dirección de flujo unidireccional tuvo efectos negativos sobre el número de accidentes. En otras palabras, se encontró que reducen la frecuencia de colisiones. El indicador de flujo unidireccional tuvo el mayor coeficiente que indica un fuerte efecto sobre la seguridad. Este hallazgo es el resultado de menos número de conflictos cuando el conductor enfrenta a una decisión en estas intersecciones señalizadas en la transición de verde-amarillo. Respecto al indicador de intersección en Tee y la presencia de cebras peatonales, se encontró que impactan positivamente en la seguridad vial. Por otro lado, se encontró que un aumento de una unidad en el número de carriles aumenta el número de accidentes PDO 1.272, esto se debería al aumento de la exposición en estos lugares. En la tabla 6-4 se resume el significado de las variables significativas para accidentes de solo daños.

Tabla 6-4: Explicación variables significativas accidentes solo daños.

Variable	Efecto	Descripción
• $TPD_1 \cdot TPD_2$	Positivo	Variable de exposición con efecto positivo
• Intersección en T	Negativo	Menor numero de movimientos en conflicto. Toma de decisión.
• Numero de Carriles	Positivo	Mayor numero de carriles incrementa exposición
• Indicador Separador	Negativo	Organiza mejor el trafico. Facilita toma de decisión.
• Indicador cebr	Negativo	Mayor atención a peatones. Reducción de velocidad.
• Vía unidireccional	Negativo	Menor numero de movimientos en conflicto en intersección.

Al analizar las funciones de seguridad para accidentes con lesiones y fatalidades, se encuentra que son afectados por la exposición, el indicador de intersección en Tee, indicador de flujo bidireccional e indicador de giro derecho permitido. La presencia de movimientos pesados a la derecha se refleja en más conflictos con los volúmenes peatonales, aumentando la probabilidad de estos usuarios de la vía a resultar heridos o

mueritos por colisiones con vehículos motorizados. En el indicador de intersecciones en Tee, el coeficiente que fue encontrado, indica que, en el caso de las intersecciones de tres accesos, se reduce el número de accidentes por un factor de 0.553, esto se podría deber a geometría de intersecciones Tee, la cual es fácil de manejar o tomar por los conductores, que reducen la velocidad mientras se aproximan a la intersección y esto se traduce en accidentes menos graves. Se encontró que, para las vías con flujo bidireccional, hay un aumento en el número de accidente por un factor de 1.30. En la tabla 6-5 se resume el significado de las variables significativas para accidentes fatales y con lesionados.

Tabla 6-5: Explicación variables significativas accidentes fatales y con heridos.

Variable	Efecto	Descripción
• $TPD_1 \cdot TPD_2$	Positivo	Variable de exposición con efecto positivo
• Intersección en T	Negativo	Menor numero de movimientos en conflicto. Toma de decisión.
• Vía bidireccional	Positivo	Dificultad toma de decisión. Mayor numero de movimientos en conflicto
• Indicador Separador	Negativo	Organiza mejor el trafico. Facilita toma de decisión.
• Carril giro derecho	Positivo	Conflicto con peatones incrementando severidad de accidente

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Se plantearon escenarios de simulación de la seguridad vial, recopilando, sintetizando, procesando y analizando información sobre accidentalidad, volúmenes vehiculares y caracterización geométrica de intersecciones semaforizadas en la ciudad de Medellín. En el proceso se conocieron los pormenores de los informes policiales de accidentes de tránsito IPAT, apropiados en su formulación, pero con notables carencias en su implementación, especialmente en la uniformidad de formato y en el proceso de digitalización, aun así, se lograron extraer datos de entrada suficientes para cimentar modelos de seguridad vial, a pesar del colosal esfuerzo que llevo unificar los formatos de la base de datos y asignar las características de accidentalidad a las intersecciones objetivo de estudio.

Igualmente se logró caracterizar las intersecciones semaforizadas de Medellín con ayuda de fuentes primarias y secundarias, obteniendo vastas variables que fueron de utilidad en el proceso de conocer un poco el fenómeno de la inseguridad vial y los factores contribuyentes a ella en Medellín, seguidamente se procuró asignar volúmenes vehiculares a los segmentos que confluyen en las intersecciones semaforizadas, arduo trabajo dada la escases de información y la heterogeneidad en las bases de datos existentes, aun así, de la mano de investigaciones anteriores y algunos supuestos, se logró el objetivo de caracterizar las intersecciones por el volumen de transito que las cruza.

Se evaluó la aplicabilidad del método predictivo del Manual Americano de Seguridad Vial HSM bajo condiciones base mediante el software IHSDM y su módulo de predicción de accidentes CPM en intersecciones urbanas semaforizadas de la ciudad de Medellín, obteniendo resultados poco alentadores de predicción de frecuencia de accidentes.

Posteriormente se calcularon 2 factores de calibración para intersecciones semaforizadas de 3 accesos e intersecciones semaforizadas de 4 accesos. El primer factor se obtuvo para el intervalo 2010-2012 y el segundo para los años 2014-2016. Para finalmente evaluar el método predictivo cambiando el coeficiente de calibración base por los C_i obtenidos, que en teoría representan las condiciones regionales o geográficas típicas de ciudades colombianas.

Se determina que ninguna de las evaluaciones realizadas se ajusta a la realidad del entorno estudiado, concluyendo que la aplicabilidad del HSM indiscriminadamente no arrojaría resultados satisfactorios para gestionar la seguridad vial en Medellín y análogamente en Colombia. Además, la transferibilidad del método mediante la obtención de factores de calibración local no se recomienda como camino a seguir si se busca modelar la accidentalidad vial en entornos similares al usado en el caso de estudio usado en esta investigación, debido a que no representa las condiciones típicas de estas ciudades, sobre estima la frecuencia de incidentes viales y no permite localizar puntos negros de inseguridad vial. Por lo cual se justifica incursionar en otros métodos de modelación de la seguridad vial, como lo es la creación de funciones de desempeño de seguridad.

Uno de los objetivos específicos de esta tesis fue la estimación de funciones de desempeño de seguridad vial SPFs aplicadas en las intersecciones semaforizadas para Medellín, Colombia. Un período de análisis de 5 años fue aplicado para la estimación, con datos correspondientes a los años 2012-2016. Dos funciones de desempeño de seguridad se estimaron por separado, para accidentes de solo daños y para accidentes con víctimas fatales y lesionados. El modelo de regresión binomial negativo se aplicó teniendo en cuenta las características de los datos del número de accidentes (enteros positivos) y la sobredispersión inherente a estos, probado por el parámetro ϕ significativamente diferente de cero. Todos los factores incluidos en las funciones desempeño de seguridad fueron significativos usando un 95% de intervalo de confianza. La prueba de razón de verosimilitud logarítmica también sustenta este, como mejor modelo, incluyendo las covariables adicionales.

Los signos de las funciones de desempeño de seguridad estimadas están en consonancia con los resultados de estudios relacionados. Las intersecciones en Tee tienden a ser menos propensas a accidentes teniendo en cuenta su geometría más simple y valores más bajos de la velocidad en los accesos para realizar maniobras de giro. El indicador de intersección en Tee reduce el número de accidentes no sólo fatales y con lesionados sino también en accidentes de solo daños materiales. Según las estimaciones del modelo, accesos con flujos unidireccional hacen intersecciones más seguras, en contraste con las intersecciones que cuentan con accesos con flujo bidireccional, esto se da, por el menor número de movimientos conflictivos en las intersecciones iniciales. Finalmente, se encontró un hallazgo interesante entre movimientos permitidos a la derecha y accidentes definidos como FI. Basado en los resultados, las intersecciones con permisividad de maniobra de giro a derecha ocasionan incidentes viales con mayor probabilidad de heridos y muertos teniendo en cuenta que los conflictos con los peatones tienden a ser más graves. Se debe tener especial cuidado en estos sitios y obrar por la implementación de pasos peatonales, los cuales son importantes a evaluar con el fin de reducir el número de colisiones graves.

Por último, se alcanzó el objetivo principal y eje de esta tesis que era la aproximación a modelos de seguridad vial en intersecciones semaforizadas de Medellín, abarcando la aplicabilidad y transferibilidad del método predictivo del HSM mediante la obtención de factores de calibración local, que a pesar de arrojar resultados poco satisfactorios para la evaluación de la seguridad vial en la ciudad, presta utilidad para marcar un precedente y dirigir los esfuerzos hacia otras metodologías como lo es la creación de funciones de desempeño de seguridad derivadas de modelos binomial negativo y Poisson. Estas últimas logran incluir en su análisis las variables que se deseen, evaluando su contribución y significancia en los problemas de inseguridad en la infraestructura vial, carencia que tiene el método predictivo del HSM, que al ser desarrollado en un entorno diferente al analizado en este proyecto, ya tiene incrustadas variables explicativas según las condiciones y singularidades de la accidentalidad vial en esos territorios, dejando por fuera la posibilidad de evaluar otros factores intervinientes que posiblemente tengan mayor peso en esta región. Esto quedó demostrado en los resultados obtenidos en este proyecto, donde se encontró por ejemplo que la dirección del flujo vehicular de los accesos a la intersección influye en la accidentalidad en mayor medida que el tipo de giro izquierda, variable preponderante en el método predictivo del HSM.

7.2 Recomendaciones

El estudio proporcionó resultados interesantes en el caso de Medellín. Las labores futuras deben orientarse al uso de modelos binomial negativo para hallar funciones de desempeño de seguridad vial y evaluar la accidentalidad, aumentando el número de covariables y evaluar la influencia de las pendientes, ángulos de deflexión y tecnologías específicas de semaforización implementadas en la ciudad, como lo es el verde intermitente. Además, este esfuerzo no debe ser solo focalizado en intersecciones semaforizadas, sino que debería ampliarse a otros tipos de infraestructura vial, como segmentos viales, intersecciones no semaforizadas y glorietas, todo con el fin de identificar con prontitud aquellos sitios en la red vial que requieren atención para reducir el riesgo excesivo de colisiones. A pesar de no ser recomendable usar los métodos predictivos del HSM en la estimación de frecuencia de accidentes viales en intersecciones, si es aconsejable reproducir los esfuerzos realizados en este proyecto investigativo a segmentos viales, tanto urbanos como rurales. En este objetivo, las funciones de desempeño de seguridad son un componente importante ya que permiten identificar carreteras con potenciales problemas de seguridad y orientaría a los profesionales pertinentes en la evaluación y auditoria de la seguridad vial, procurando la realización de nuevos proyectos y la modificación de los antiguos bajo criterios comprobados que aporten a la reducción de las fatalidades en las vías. En conclusión, las labores futuras deben orientarse a:

- Uso de modelos binomial negativo para hallar funciones de desempeño de seguridad vial y evaluar la accidentalidad, aumentando el número de covariables y evaluar la influencia de las pendientes, ángulos de deflexión y tecnologías específicas de semaforización implementadas en la ciudad, como lo es el verde intermitente o el verde con temporizador., además de realizar una correlación espacial.
- Estimaciones SPFs para otros tipos de infraestructura vial, como segmentos viales, intersecciones no semaforizadas y glorietas.
- Medir efectividad del método de interpolación kriging con nuevas bases de datos de volúmenes y ahondar en alternativas de interpolación, expansión y obtención de datos faltantes de tránsito.
- Abordar la problemática de la motocicleta y su respectiva incidencia en la inseguridad vial mediante los modelos y metodologías descritas en este manuscrito, dada su

especial participación en la accidentalidad de países en vía de desarrollo y la dificultad de registro de volúmenes de tránsito de estos vehículos.

Teniendo en cuenta que todos estos esfuerzos investigativos son de especial importancia, ya que contribuyen significativamente a la meta más importante de un sistema de gestión de seguridad, reduciendo el número y gravedad de los accidentes de tránsito, asegurando que todas las oportunidades para mejorar la seguridad vial sean identificadas, consideradas, implementadas y evaluadas.

7.2.1 Recomendaciones bases de datos

Las principales dificultades en la realización de este proyecto se dieron en cuanto a las bases de datos y fuentes de información. Inicialmente, al obtener la red vial de Medellín se ven incongruencias respecto a la jerarquización vial oficial de la ciudad, la cual no corresponde en algunos casos con los criterios establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial y en otros no cumple con los criterios establecidos en la literatura de la ingeniería de transporte, por lo cual se recomienda a los entes responsables ser consecuentes y diligentes respecto a este tema. Seguidamente, en la ciudad de Medellín no existe un sistema de toma de datos de volúmenes vehiculares de amplia cobertura y continuidad en el tiempo, el único sistema con el que cuenta son los aforos realizados por las cámaras de foto detección, cuya información es valiosísima, pero escasean los sitios de aforo, esta dificultad obstaculiza las labores de investigación en el campo del transporte y la seguridad vial, impidiendo que se hagan avances que contribuyan a salvar vidas, he aquí el llamado nuevamente a los entes gubernamentales a plantearse el desafío de implementar proyectos tecnológicos que presten utilidad en la recolección de datos de este tipo.

Para finalizar con las recomendaciones respecto a los datos, tenemos el caso de la base de datos de accidentalidad, mediante el IPAT, como se mencionó anteriormente la resolución 11268 del 2012 por medio de la cual se implementa y normalizan los informes de accidentes de tránsito, tiene un buen propósito y procura la realización de una óptima base de datos mediante el diligenciamiento del IPAT, sin embargo, en la práctica no se llevan a cabo las recomendaciones dadas en la resolución 11268, el ejemplo más claro es la excesiva heterogeneidad al completar el campo de dirección del accidente, error que

acrecienta en gran medida las labores de procesamiento de datos en cualquier investigación que requiera de esta información, también, se notan incongruencias y ausencia de datos.

Dado esto, se recomienda que los entes de control, velen porque la recolección de datos cumpla con 6 pilares fundamentales: Que se recolecten a tiempo, que sean exactos, completos, uniformes, que permitan integración y que sean accesibles. Para esto, inicialmente se hace necesario capacitar exhaustivamente a los implicados de tomar información de incidentes de tránsito, para luego dotarlos de elementos de medición y recolección de información precisos, como sistemas de geolocalización, herramientas electrónicas para diligenciar los IPAT de manera virtual, de modo que se utilice un formato único y que toda esta información sea subida a la nube para luego procesar más eficientemente este mar de registros y así crear una base de datos que sirva de diario de navegación a las distintas instituciones encargadas de procurar por la seguridad vial.

A. Base de datos de accidentalidad IPAT

CAPITULO	#	CAMPO	DESCRIPCION DEL CAMPO
I. Primera parte del informe	1.0	Organismo de tránsito	Nombre del municipio con su respectivo código DANE.
	2.0	Gravedad	Resultado más grave presentado en el accidente.
	3.0	Lugar o coordenadas geográficas	Área urbana: Dirección completa donde se produce el accidente, municipio y departamento respectivo. Si el accidente se produce en un tramo de vía, se indica el número de la residencia frente a la cuál sucedió o las dos vías entre las cuales sucedió el accidente. Área rural: Código de la ruta que corresponda, tramo de la vía, kilómetro y sitio del accidente. Si dispone de GPS, se anotan coordenadas.
	3.1	Localidad o comuna	Número de la división territorial en caso de que la ciudad tenga.
	4.0	Fecha y hora	Fecha y hora aproximada del accidente y momento de atención.

	5.0	Clase de accidente	Clase de accidente primario o inicial: choque, atropello, volcamiento, caída de ocupante, incendio u otro. El efecto secundario se indica en el croquis.
	5.1	Choque con	Si el accidente es un choque se debe decir con qué fue: vehículo, tren, semoviente u objeto fijo.
	5.2	Objeto fijo	Si el accidente es un choque con un objeto fijo se debe especificar con qué objeto: muro, poste, árbol, baranda, semáforo, inmueble, hidrante, valla señal, tarima caseta, vehículo estacionado u otros.
II. Características del lugar o las vías	6.0	Características del lugar	Se marcan según correspondan las diferentes características del lugar donde ocurrió el accidente. (Sólo una casilla)
	6.1	Área	Área según el caso: rural, nacional, departamental, municipal o urbana.
	6.2	Sector	Sector según el caso: residencial, industrial o comercial.
	6.3	Zona	Zona según el caso: escolar, turística, militar, deportiva, privada, hospitalaria. (Sólo si el área del accidente se encuentra en una de esas zonas)
	6.4	Diseño	Diseño de la vía según el caso: glorieta, intersección, lote o predio, paso a nivel, pontón, ciclo ruta, paso elevado, paso inferior, peatonal, puente, tramo de vía o túnel.
	6.5	Condición climática	Condiciones ambientales en el momento en el que se produce el accidente: granizo, lluvia, niebla, viento o normal.

	7.0	Características de las vías	En zonas urbanas, el análisis de la vía se realiza de edificación a edificación, y en las zonas rurales, la vía se analiza de berma a berma, o cuneta a cuneta. Los campos se llenan para la columna 1 en caso de ser un tramo de vía, si el accidente ocurre en una intersección o glorieta la numeración de las vías depende del orden establecido en el nombre del lugar (Campo 3). (Se marcan las casillas que sean necesarias para caracterizar la vía)
	7.1	Geométricas	Recta o curva, plano o pendiente, bahía de estacionamiento, con andén, con berma.
	7.2	Utilización	Un sentido, doble sentido, reversible, contraflujo, ciclo vía.
	7.3	Calzadas	Una, dos, tres o más, variable.
	7.4	Carriles	Un, dos, tres o más, variable.
	7.5	Superficie de rodadura	Asfalto, afirmado, adoquín, empedrado, concreto, tierra, otro.
	7.6	Estado	Bueno, con huecos, derrumbe, en reparación, hundimiento, inundada, parchada, rizada, fisurada.
	7.7	Condiciones	Aceite, húmeda, lodo, alcantarilla destapada, material orgánico, material suelto, seca, otra.
	7.8	Iluminación artificial	Con; buena, mala. Sin.

	7.9	Controles de tránsito	Agente de tránsito, semáforo (operando, intermitente, con daños, apagado, oculto), señales verticales (pare, ceda el paso, no gire, sentido vial, no adelantar, velocidad máxima, otra, ninguna), señales horizontales (zona peatonal, línea de pare, línea central amarilla continua o segmentada, línea de carril blanca continua o segmentada, línea de borde blanca, línea de borde amarilla, línea de antibloqueo, flechas, leyendas, símbolos, otra), reductor de velocidad (bandas sonoras, resalto, móvil, fijo, sonorizador, estoperol, otro) y delineador de piso (tacha, estoperoles, tachones, boyas, bordillo, tubular, barreras plásticas, hitos tubulares, conos, otros)
	7.10	Visibilidad	Normal, disminuida por (casetas, construcción, vayas, árbol vegetación, vehículo estacionado, encandilamiento, poste, otros)
III. Conductores, vehículos, propietarios (Vehículo 1)	8.0	Conductores, vehículos, propietarios 1	Registro de datos sobre vehículos, conductores y propietarios. Si el accidente implica un número mayor de dos participantes de utiliza el Anexo 1.
	8.1	Conductor	Apellidos y nombres, documento de identificación, identificación, nacionalidad, fecha de nacimiento, sexo, gravedad, dirección de domicilio, ciudad, teléfono, ¿se practicó examen?, porta licencia, licencia de conducción, categoría, restricciones, expedición o vencimiento, oficina de tránsito, chaleco, casco, cinturón de seguridad, hospital, clínica o sitio de atención, descripción de lesiones.

	8.2	Vehículo	Placa, placa remolque o semirremolque, nacionalidad, toneladas, pasajeros, licencia de tránsito, tarjeta de registro, empresa, inmovilizado en, a disposición de, revisión técnico mecánica y de gases, cantidad de acompañantes o pasajeros en el momento del accidente, seguro obligatorio, seguro de responsabilidad civil, el mismo conductor.
	8.3	Clase de vehículo	Automóvil, bus, buseta, camión, camioneta, campero, microbús, maquinaria agrícola, maquinaria industrial, bicicleta, motocarro, moto triciclo, tracción animal, motociclo.
	8.4	Clase de servicio	Oficial, público, particular, diplomático.
	8.5	Modalidad de transporte	Mixto, carga (extra dimensionada, extra pesada, mercancía peligrosa, clase de mercancía), pasajeros (colectivo, individual, masivo, especial turismo, especial escolar, especial asalariado, especial ocasional)
	8.6	Radio de acción	Nacional, municipal.
	8.7	Fallas en	Frenos, dirección, luces, bocina, llantas, suspensión, otra.
	8.8	Descripción daños materiales del vehículo	Presencia de pintura de otro vehículo, roturas, fracturas, rayas, hendiduras, deformaciones, zonas de limpieza, partes faltantes, vidrio trisado, vidrio poli fragmentado, entre otros.
	8.9	Lugar de impacto	Frontal, lateral, posterior.
III. Conductores, vehículos,	8.0	Conductores, vehículos, propietarios 2	Registro de datos sobre vehículos, conductores y propietarios. Si el accidente implica un número mayor de dos participantes de utiliza el Anexo 1.

propietarios (Vehículo 2)	8.1	Conductor	Apellidos y nombres, documento de identificación, identificación, nacionalidad, fecha de nacimiento, sexo, gravedad, dirección de domicilio, ciudad, teléfono, ¿se practicó examen?, porta licencia, licencia de conducción, categoría, restricciones, expedición o vencimiento, oficina de tránsito, chaleco, casco, cinturón de seguridad, hospital, clínica o sitio de atención, descripción de lesiones.
	8.2	Vehículo	Placa, placa remolque o semirremolque, nacionalidad, toneladas, pasajeros, licencia de tránsito, tarjeta de registro, empresa, inmovilizado en, a disposición de, revisión técnico mecánica y de gases, cantidad de acompañantes o pasajeros en el momento del accidente, seguro obligatorio, seguro de responsabilidad civil, el mismo conductor.
	8.3	Clase de vehículo	Automóvil, bus, buseta, camión, camioneta, campero, microbús, maquinaria agrícola, maquinaria industrial, bicicleta, motocarro, moto triciclo, tracción animal, motociclo.
	8.4	Clase de servicio	Oficial, público, particular, diplomático.
	8.5	Modalidad de transporte	Mixto, carga (extra dimensionada, extra pesada, mercancía peligrosa, clase de mercancía), pasajeros (colectivo, individual, masivo, especial turismo, especial escolar, especial asalariado, especial ocasional)
	8.6	Radio de acción	Nacional, municipal.
	8.7	Fallas en	Frenos, dirección, luces, bocina, llantas, suspensión, otra.

	8.8	Descripción daños materiales del vehículo	Presencia de pintura de otro vehículo, roturas, fracturas, rayas, hendiduras, deformaciones, zonas de limpieza, partes faltantes, vidrio trisado, vidrio poli fragmentado, entre otros.
	8.9	Lugar de impacto	Frontal, lateral, posterior.
IV. Víctimas	9.0	Pasajeros, acompañantes o peatones	Información de las víctimas como son pasajeros, acompañantes o peatones lesionados o muertos.
	9.1	Detalles de la víctima	Condición: peatón, pasajero o acompañante. Gravedad: muerto o herido.
	10.0	Total víctimas	Cantidad total en número distribuida según la gravedad.
V. Hipótesis, testigos, observaciones y anexos	11.0	Hipótesis del accidente de tránsito	En el levantamiento del accidente la autoridad del tránsito debe determinar obligatoriamente al menos una hipótesis.
	12.0	Testigos	Información de las personas que presenciaron el accidente.
	13.0	Observaciones	Circunstancias no incluidas en el formulario o aclaraciones importantes de indicar.
	14.0	Anexos	Anexos por vehículos implicados en el accidente.
VI. Datos de quién(es) conoce(n) el accidente de tránsito	15.0	Datos de quién(es) conoce(n) el accidente de tránsito	Datos de quienes han conocido el caso al terminar de diligenciar el caso y haber revisado minuciosamente el formulario.
	16.0	Correspondió	Autoridad a la cual se le envía según la gravedad del accidente.
VII. Croquis (Bosquejo topográfico)	17.0	Croquis (Bosquejo topográfico)	Dibujo de cuidado especial al elaborarse, deben incluirse todos los detalles en la escena del accidente y su zona de influencia en el momento que ocurrió.

CIUDAD_DANE	NRO_RADICADO	FECHA_ACCIDENTE	GRAVEDAD_ACCIDENTE	DIRECCION_LUGAR	COORDENADA_X	COORDENADA_Y	LOCALIDAD_O_COMUNA	FECHA_ACCIDENTE_1	HORA_ACCIDENTE
5001000	1208402	1/27/2009	SOLO DAÑOS	K 81 X CL 52 B			Jurisdicción	1/27/2009	11:30:00
5001000	1208403	1/27/2009	HERIDO	CL 78 X K 72B			Jurisdicción	1/27/2009	16:20:00
5001000	1208404	1/27/2009	SOLO DAÑOS	K 70 X CL 32 C			Jurisdicción	1/27/2009	10:30:00
5001000	1208405	1/27/2009	HERIDO	K 65 X CL 80			Jurisdicción	1/27/2009	17:30:00
5001000	1484987	4/26/2015	HERIDO	CRA 43 A CL 76			COMUNA 5	4/26/2015	3:20:00
5001000	1484988	4/26/2015	HERIDO	CRA 64 E CL 67			COMUNA 5	4/26/2015	8:00:00
5001000	1484989	4/26/2015	HERIDO	KM 6 VIA SAN FELIX			Jurisdicción	4/26/2015	17:00:00
5001000	1484992	4/26/2015	HERIDO	CRA 134 CL 59A			COMUNA 13	4/26/2015	18:00:00
5001000	1484999	4/26/2015	SOLO DAÑOS	CL 78 B CRA 72 A			Jurisdicción	4/26/2015	9:15:00
5001000	1485003	4/26/2015	HERIDO	CRA 134 CL 65			Jurisdicción	4/26/2015	15:30:00
5001000	1519321	1/17/2016	HERIDO	K 49 CL 12 SUR 13 SUR			COMUNA 14	1/17/2016	13:20:00
5001000	1519323	1/17/2016	HERIDO	k 65 CL 44			COMUNA 11	1/17/2016	8:45:00
5001000	1519324	1/17/2016	HERIDO	K 49 CL 78 02			COMUNA 4	1/17/2016	4:50:00
5001000	1519326	1/16/2016	HERIDO	K 52 53 CL 6 SUR			COMUNA 15	1/16/2016	23:30:00
5001000	1519327	1/16/2016	HERIDO	C 28 K 84 195			COMUNA 16	1/16/2016	23:10:00
5001000	1553688	10/4/2016	HERIDO	K 39 CL 28			COMUNA 9	10/4/2016	18:00:00
5001000	1553689	10/3/2016	HERIDO	C 58 K 51			COMUNA 10	10/3/2016	14:35:00
5001000	1553690	10/4/2016	HERIDO	K 46 CL 57 52			COMUNA 10	10/4/2016	21:50:00
5001000	1553691	10/4/2016	HERIDO	K 80 CL 50			COMUNA 11	10/4/2016	14:10:00
5001000	1553693	10/4/2016	HERIDO	ENCISO			COMUNA 8	10/4/2016	19:00:00
5001000	1557787	11/1/2016	HERIDO	CRA 109 ENTRE CALLES 64 Y 64 C			COMUNA 7	11/1/2016	17:20:00
5001000	1557788	11/3/2016	HERIDO	CRA 69 B X CL 26 A			COMUNA 16	11/3/2016	7:10:00
5001000	1557789	11/2/2016	SOLO DAÑOS	CL 33 AA CON CRA 83 A			COMUNA 11	11/2/2016	13:01:00
5001000	1557790	11/2/2016	SOLO DAÑOS	CRA 50 ENTRE CALLES 4 Y 5			COMUNA 15	11/2/2016	15:57:00
5001000	1557791	11/3/2016	SOLO DAÑOS	CL 27 FRENTE 48 70			COMUNA 14	11/3/2016	6:29:00
5001000	1557794	11/1/2016	HERIDO	CL 37 X CRA 43 A			COMUNA 10	11/1/2016	15:40:00
5001000	1557795	11/2/2016	SOLO DAÑOS	CRA 45 X CL 45			COMUNA 10	11/2/2016	13:50:00
5001000	1563715	12/19/2016	SOLO DAÑOS	C 47 K 46 05			COMUNA 10	12/19/2016	16:30:00
5001000	1563718	12/19/2016	SOLO DAÑOS	K 49 CL 16			COMUNA 14	12/19/2016	20:30:00
5001000	1563723	12/19/2016	SOLO DAÑOS	k 80 CL 75 76			COMUNA 7	12/19/2016	20:05:00
5001000	1563724	12/19/2016	SOLO DAÑOS	K 76 CL 89 76			COMUNA 5	12/19/2016	17:30:00
5001000	1563725	12/19/2016	SOLO DAÑOS	LOMA LOS BALSOS VIA LAS PALMAS			Jurisdicción	12/19/2016	14:50:00
5001000	1560618	11/24/2016	SOLO DAÑOS	K 63 A CL 94A 91			COMUNA 5	11/24/2016	19:05:00

CLASE_DE_ACCIDENTE	CHOQUE_CON	OBJETO_FIJO	AREA	AREA_RURAL	DESC_RUTA	SECTOR	ZONA	DISEÑO	CONDICION_CLIMATICA	GEOMETRICAS_CALLE	GEOMETRICAS_CARRERA	GEOMETRICAS_B_CALLE
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	Recta, Plana, con bermas	
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Interseccion	Normal	Recta, Plana, con anden	Recta, Pendiente, con anden	
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	Recta, Plana, con bermas	
Caida Ocupante	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	Recta, Plana, con anden	
Otro	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Lote o Predio	Normal	No Reportada	No Reportada	No Reportada
Otro	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Lote o Predio	Normal	No Reportada	No Reportada	No Reportada
Caida Ocupante	No reportado	No Reportado	Rural	Rural Nacional		No Reportado		Lote o Predio	Normal			
Caida Ocupante	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Lote o Predio	Normal	No Reportada	No Reportada	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	No Reportada	No Reportada
Otro	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	RECTA	No Reportada	PLANO
Otro	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Caida Ocupante	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	RECTA	No Reportada	PLANO
Caida Ocupante	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	CURVA	No Reportada
Caida Ocupante	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Volcamiento	No reportado	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Interseccion	Normal	RECTA	RECTA	PLANO
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Industrial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Objeto Fijo	Inmueble	Urbana			Comercial		Tramo de via	Normal	RECTA	No Reportada	PLANO
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Comercial		Glorieta	Normal	CURVA	RECTA	PLANO
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Comercial		Interseccion	Normal	RECTA	RECTA	PLANO
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	RECTA	No Reportada	PLANO
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada
Choque	Vehiculo	No Reportado	Urbana			Residencial		Tramo de via	Normal	No Reportada	RECTA	No Reportada

GEOMETRICAS_B_CARRERA	GEOMETRICAS_C_CALLE	GEOMETRICAS_C_CARRERA	UTILIZACION_CALLE	UTILIZACION_CARRERA	CALZADAS_CALLE	CALZADAS_CARRERA	CARRILES_CALLE	CARRILES_CARRERA	SUPERFICIE_DE_RODADURA_CALLE	SUPERFICIE_DE_RODADURA_CARRERA
			No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
			Doble Sentido	Doble Sentido	Uno	Uno	Dos	Dos	Asfalto	Asfalto
			No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
			No Reportado	Doble Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Tres	No Reportado	Asfalto
No Reportada	No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	No reportada	No reportada	No reportada	No reportada	No Reportado	No Reportado
No Reportada	No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	No reportada	No reportada	No reportada	No reportada	No Reportado	No Reportado
No Reportada	No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	No reportada	No reportada	No reportada	No reportada	No Reportado	No Reportado
No Reportada	No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	No reportada	No reportada	No reportada	No reportada	No Reportado	No Reportado
PLANO	No Reportada	BAHIA DE ESTACIONAMIENTO	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Dos	No reportada	Variable	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
No Reportada	CON ANDEN	No Reportada	Doble Sentido	No Reportado	Dos	No reportada	Uno	No reportada	Asfalto	No Reportado
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
No Reportada	CON ANDEN	No Reportada	Un Sentido	No Reportado	Uno	No reportada	Uno	No reportada	Asfalto	No Reportado
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PENDIENTE	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Doble Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Dos	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	BAHIA DE ESTACIONAMIENTO	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	CON ANDEN	CON ANDEN	Doble Sentido	Doble Sentido	Uno	Uno	Dos	Dos	Asfalto	Asfalto
PLANO	No Reportada	BAHIA DE ESTACIONAMIENTO	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Dos	No reportada	Tres o Más	No Reportado	Asfalto
No Reportada	CON ANDEN	No Reportada	Un Sentido	No Reportado	Uno	No reportada	Dos	No reportada	Asfalto	No Reportado
PLANO	BAHIA DE ESTACIONAMIENTO	CON ANDEN	Doble Sentido	Doble Sentido	Dos	Dos	Tres o Más	Dos	Asfalto	Asfalto
PLANO	CON ANDEN	CON ANDEN	Un Sentido	Un Sentido	Uno	Uno	Tres o Más	Dos	Asfalto	Asfalto
No Reportada	CON ANDEN	No Reportada	Un Sentido	No Reportado	Uno	No reportada	Uno	No reportada	Asfalto	No Reportado
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto
PLANO	No Reportada	CON ANDEN	No Reportado	Un Sentido	No reportada	Uno	No reportada	Uno	No Reportado	Asfalto

ESTADO_CALLE	ESTADO_CARRERA	CONDICIONES_CALLE	CONDICIONES_CARRERA	ILUMINACION_ARTIFICIAL_CALLE	ILUMINACION_ARTIFICIAL_CARRERA	CONT_AGENTE_TRANSITO_CALLE	CONT_AGENTE_TRANSITO_CARRERA	CONTROLES_SEMAFORO_CALLE
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Sin, Mala	N	N	No Reportado
Bueno	Bueno	Seca	Seca	Sin, Mala	Sin, Mala	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Sin, Mala	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	N	N	No Reportado
No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	N	N	No Reportado
No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	N	N	No Reportado
No Reportada	No Reportada	No Reportado	No Reportado	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	SIN INFORMACION	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
Bueno	No Reportada	Seca	No Reportado	Buena	SIN INFORMACION	N	N	Operando
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
Bueno	No Reportada	Seca	No Reportado	Buena	SIN INFORMACION	N	N	Operando
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
Bueno	Bueno	Humeda	Humeda	Buena	Buena	N	N	Operando
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
Bueno	No Reportada	Seca	No Reportado	Buena	SIN INFORMACION	N	N	Operando
Bueno	Bueno	Seca	Seca	Buena	Buena	N	N	Operando
Bueno	Bueno	Humeda	Humeda	Buena	Buena	N	N	Operando
Bueno	No Reportada	Seca	No Reportado	Buena	SIN INFORMACION	N	N	Operando
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado
No Reportada	Bueno	No Reportado	Seca	SIN INFORMACION	Buena	N	N	No Reportado

[illegible]

DELINEADOR_PISO_CARRERA	VISIBILIDAD_CALLE	VISIBILIDAD_CARRERA	DESCR_CAUSAS_ACCIDENTE	NRO_CROQUIS
	No Reportado	Otras	Otra, Otra	A0506671
	Otras	Otras	Otra, Otra	A0507382
	No Reportado	Otras	Otra, Otra	A0507163
	No Reportado	Otras	Otra	A0507123
SIN INFORMACION	No Reportado	No Reportado	Transitar entre vehiculos	A000174615
SIN INFORMACION	No Reportado	No Reportado	Transitar entre vehiculos	A000174643
			Transitar entre vehiculos	A000174712
SIN INFORMACION	No Reportado	No Reportado	Transitar entre vehiculos	A000174906
SIN INFORMACION	No Reportado	No Reportado	Desobedecer señales	20150356
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos	A000174703
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales, Transitar entre vehiculos	A000303027
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos, Desobedecer señales	A000303182
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales, Transitar entre vehiculos	A000302990
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos, Desobedecer señales	A000302982
SIN INFORMACION		No Reportado	Desobedecer señales, Transitar entre vehiculos	A000302979
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos	A000481169
SIN INFORMACION		No Reportado	Desobedecer señales	A000480892
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos	A000481175
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos	A000481166
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos	A000481160
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales, Transitar entre vehiculos	A000485014
SIN INFORMACION	No Reportado		Transitar entre vehiculos	A000485158
SIN INFORMACION			Desobedecer señales	A000485316
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales	A000484482
SIN INFORMACION		No Reportado	Desobedecer señales	A000484483
SIN INFORMACION			Transitar entre vehiculos	A000485065
SIN INFORMACION			Desobedecer señales, Transitar entre vehiculos	A000485332
SIN INFORMACION		No Reportado	Desobedecer señales	A000491281
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales	A000491284
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales	A000491287
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales	A000491289
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales	A000491290
SIN INFORMACION	No Reportado		Desobedecer señales, Transitar entre vehiculos	A000488114

B. Datos accidentalidad para modelación

DIRECCION	CRASH _SEV_ 1_2009	CRASH _SEV_ 2_2009	CRASH _SEV_ 3_2009	CRASH TOTAL _2009	CRASH _SEV_ 1_2010	CRASH _SEV_ 2_2010	CRASH _SEV_ 3_2010	CRASH TOTAL _2010	CRASH _SEV_ 1_2011	CRASH _SEV_ 2_2011	CRASH _SEV_ 3_2011	CRASH TOTAL _2011	CRASH _SEV_ 1_2012	CRASH _SEV_ 2_2012	CRASH _SEV_ 3_2012	CRASH TOTAL _2012	CRASH _SEV_ 1_2013	CRASH _SEV_ 2_2013	CRASH _SEV_ 3_2013	CRASH TOTAL _2013
AV 80 x CL 65 Colpisos	10	2	0	12	5	5	0	10	13	1	0	14	9	6	0	15	6	5	0	11
AV 80 x CR 65 Campos de paz	0	1	0	1	1	1	0	2	1	1	0	2	2	4	0	6	3	0	0	3
AV JARDIN x CR 74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AV NUTIBARA x AV JARDIN	0	0	0	0	2	0	0	2	2	1	0	3	1	0	0	1	2	0	0	2
AV NUTIBARA x CQLAR 2	0	0	0	0	2	1	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
AV NUTIBARA x CQLAR 4	1	0	0	1	0	2	0	2	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1
CR 108 BB x CL 62 D (Ye VIA AL MAR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CR 108B x CL 62D	0	1	0	1	0	1	0	1	3	0	0	3	1	1	0	2	0	0	0	0
CR 29 A x CL 5 SUR LINARES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	2
CR 29 x CL 9 SUR	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
CR 30 x CL 45	1	1	0	2	0	1	0	1	1	3	0	4	2	0	0	2	1	1	0	2
CR 30 x CL 47	0	1	0	1	1	4	0	5	3	5	0	8	0	3	0	3	2	3	0	5
CR 32 B x CL 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CR 32 x CL 10 TRASV INF	3	0	0	3	2	1	0	3	0	1	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0
CR 32 x CL 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	2	0	3
CR 32 x CL 51	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	3	0	0	3
CR 32 x CL 52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
CR 34 x CL 1 SUR	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	0	0
CR 34 x CL 10	8	2	0	10	5	3	0	8	3	1	0	4	3	0	0	3	0	0	0	0
CR 34 x CL 10 A	3	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
CR 34 x CL 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CR 34 x CL 7	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0
CR 35 x CL 10	2	2	0	4	2	0	0	2	0	1	0	1	1	1	0	2	2	0	0	2
CR 35 x CL 10 A	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0

CRASH _SEV_ 1_2014	CRASH _SEV_ 2_2014	CRASH _SEV_ 3_2014	CRASH TOTAL _2014	CRASH _SEV_ 1_2015	CRASH _SEV_ 2_2015	CRASH _SEV_ 3_2015	CRASH TOTAL _2015	CRASH _SEV_ 1_2016	CRASH _SEV_ 2_2016	CRASH _SEV_ 3_2016	CRASH TOTAL _2016	CRASH TOTAL
2	4	0	6	6	7	0	13	4	7	0	11	92
3	0	0	3	3	5	0	8	3	1	0	4	29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	2	0	2	1	0	0	1	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	2	1	3	0	4	0	1	0	1	14
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	1	0	1	1	4	0	5	17
1	3	0	4	1	3	0	4	2	2	0	4	34
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
4	0	0	4	0	0	0	0	2	1	0	3	12
0	0	0	0	1	1	0	2	0	1	0	1	9
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6
0	1	0	1	0	3	0	3	2	0	0	2	31
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	7
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	14
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5

C. Caracterización intersecciones de 3 y 4 accesos

DIRECCION	VIA 1	# CALZADAS_V11	DISPOSICION_V11	# CARRILES_V11	PERMITE GIRO IZQ_V11	PERMITE GIRO DER_V11	SEPARADOR_V1	TIPO SEPARADOR_V11	MEDIDA SEP_V1	CEBRA PEATONAL_V11	ANG, DEFL_V11
AV 80 x CL 65 Colposos	AV 80		2 BIDIRECCIONAL	6	NO	SI	SI	ANDEN	2.4	SI	
AV JARDIN x CR 74	AV JARDIN		2 BIDIRECCIONAL	4	SI	NO	SI	ANDEN	0.6	SI	
AV NUTIBARA x AV JARDIN	AV NUTIBARA		2 BIDIRECCIONAL	4	SI	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	1.2	SI	
AV NUTIBARA x CQLAR 2	AV NUTIBARA		2 BIDIRECCIONAL	4	NO	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	1.6	SI	
AV NUTIBARA x CQLAR 4	AV NUTIBARA		2 BIDIRECCIONAL	4	NO	NO	SI	ANDEN Y VEGETACION	1.6	SI	
CR 29 A x CL 5 SUR LINARES	CR 29 A		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			SI	
CR 29 x CL 9 SUR	CR 29		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			NO SE IDENTIFICA	
CR 30 x CL 45	CR 30		1 BIDIRECCIONAL	2	NO	SI	NO			SI	
CR 30 x CL 47	CR 30		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			SI	
CR 32 B x CL 10	CR 32 B		1 ENTRADA	3	NO	SI	NO			SI	
CR 32 x CL 10 TRASV INF	CR 32		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			SI	
CR 32 x CL 50	CR 32		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			SI	
CR 32 x CL 51	CR 32		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			NO	
CR 34 x CL 1 SUR	CR 34		2 BIDIRECCIONAL	4	NO	NO	SI	ANDEN Y VEGETACION	4.9	NO	
CR 34 x CL 10	CR 34		1 ENTRADA	2	NO	SI	NO			NO SE IDENTIFICA	
CR 34 x CL 10 A	CR 34		1 ENTRADA	2	SI	NO	NO			SI	
CR 34 x CL 5	CR 34		1 BIDIRECCIONAL	2	NO	SI	NO			SI	
CR 34 x CL 7	CR 34		1 ENTRADA	2	NO	SI	NO			SI	
CR 35 x CL 10	CR 35		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			SI	
CR 35 x CL 29 C (LOMA INDIO)	CR 35		2 BIDIRECCIONAL	4	NO	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	4.4	NO	
CR 35 x CL 5 SUR	CR 35		2 BIDIRECCIONAL	4	NO	SI	SI	ANDEN	2.0	SI	
CR 35 x CL 7	CR 35		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			SI	
CR 35 x CL 9 SUR	CR 35		2 BIDIRECCIONAL	4	NO	SI	SI	SEÑALIZACION HORIZONTAL	0.4	SI	
CR 36 x CL 47	CR 36		1 BIDIRECCIONAL	2	SI	NO	NO			SI	
CR 36 A x CL 40	CR 36 A		1 SALIDA	2	NO	NO	NO			SI	
CR 36 A x CL 45	CR 36 A		1 ENTRADA	2	NO	SI	NO			SI	
CR 36 A x CL 47	CR 36 A		1 BIDIRECCIONAL	2	SI	NO	NO			NO	
CR 36 A x CL 50	CR 36 A		1 ENTRADA	2	SI	NO	NO			SI	
CR 36 A x CL 51	CR 36 A		1 BIDIRECCIONAL	2	NO	SI	NO			NO	
CR 36 x CL 10	CR 36		1 ENTRADA	2	NO	SI	NO			NO SE IDENTIFICA	
CR 36 x CL 10 A	CR 36		1 ENTRADA	2	SI	NO	NO			NO SE IDENTIFICA	

# CALZADAS_V12	DISPOSICION_V12	# CARRILES_V12	PERMITE GIRO IZQ_V12	PERMITE GIRO DER_V12	SEPARADOR_V12	TIPO SEPARADOR_V12	MED SEPARADOR_V12	CEBRA PEATONAL_V12	ANG, DEF_V12
	2 BIDIRECCIONAL	6 NO	SI	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	2.4 SI		86°
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	ANDEN	0.6 SI		
	2 BIDIRECCIONAL	4 SI	SI	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	1.2 SI		
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	NO	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	1.6 NO		
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	1.6 SI		
	1 BIDIRECCIONAL	2 NO	NO	NO	NO		SI		
	1 ENTRADA	2 NO	SI	NO	NO		SI		
	1 ENTRADA	2 SI	NO	NO	NO		SI		
	1 ENTRADA	2 NO	SI	NO	NO		SI		
	1 SALIDA	3 NO	NO	NO	NO		SI		140°
	1 ENTRADA	2 SI	SI	NO	NO		SI		
	1 ENTRADA	2 NO	NO	NO	NO		SI		
	1 ENTRADA	2 SI	SI	NO	NO		NO		
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	ANDEN	2.1 SI		
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO		SI		
	1 BIDIRECCIONAL	2 NO	SI	NO	NO		SI		
	1 BIDIRECCIONAL	2 NO	SI	NO	NO		SI		
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO		NO SE IDENTIFICA		
	1 ENTRADA	2 SI	NO	NO	NO		SI		
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	4.4 SI		
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	NO	SI	SI	ANDEN	2.0 SI		
	1 ENTRADA	2 SI	NO	NO	NO		NO		
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	SEÑALIZACION HORIZONTAL	0.4 SI		
	1 BIDIRECCIONAL	2 No	SI	NO	NO		NO		
	1 ENTRADA	2 SI	SI	NO	NO		SI		
	1 SALIDA	2 No	No	NO	NO		NO		
	1 BIDIRECCIONAL	2 No	SI	NO	NO		NO		
	1 BIDIRECCIONAL	2 No	SI	NO	NO		SI		
	1 BIDIRECCIONAL	2 SI	No	NO	NO		SI		
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO		SI		
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO		SI		

VIA 2	# CALZADAS_V21	DISPOSICION_V21	# CARRILES_V21	PERMITE GIRO IZQ_V21	PERMITE GIRO DER_V21	SEPARADOR_V21	TIPO SEPARADOR_V21	MEDIDA SEP_V21	CEBRA PEATONAL_V21	ANG. DEFL_V21
CL 65		2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	ANDEN	0.8 SI	SI	
CR 74		1 BIDIRECCIONAL	2 NO	SI	NO	NO			SI	
AV JARDIN		2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI		ANDEN Y VEGETACION	1.0 SI	SI	
CQLAR 2		1 ENTRADA	2 SI	SI	NO	NO			SI	136°
CQLAR 4		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			SI	118°
CL 5 SUR		1 BIDIRECCIONAL	3 SI	SI	NO	NO			SI	
CL 9 SUR		1 ENTRADA	2 SI	NO	NO	NO			NO SE IDENTIFICA	
CL 45		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			SI	
CL 47		1 ENTRADA	2 SI	NO	NO	NO			NO SE IDENTIFICA	
CL 10		2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	ANDEN	1.6 SI	SI	
CL 10 TRASV		2 BIDIRECCIONAL	3 SI	NO	SI	SI	ANDEN	0.8 SI	SI	
CL 50		1 ENTRADA	2 SI	NO	NO	NO			SI	
CL 51		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			NO	
CL 1 SUR		1 ENTRADA	3 NO	SI	NO	NO			NO	
CL 10		1 SALIDA	3 NO	NO	NO	NO			SI	
CL 10 A		1 ENTRADA	3 NO	SI	NO	NO			SI	
CL 5		1 BIDIRECCIONAL	2 SI	SI	NO	NO			SI	
CL 7		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			NO SE IDENTIFICA	
CL 10		1 SALIDA	3 NO	NO	NO	NO			SI	
CL 29 C		1 BIDIRECCIONAL	2 NO	SI	NO	NO			SI	110°
CL 5 SUR		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			SI	
CL 7		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			NO SE IDENTIFICA	58°
CL 9 SUR		2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI	SI	ANDEN Y VEGETACION	1.3 SI	SI	
CL 47		1 ENTRADA	2 SI	SI	NO	NO			NO SE IDENTIFICA	
CL 40		1 BIDIRECCIONAL	2 SI	NO	NO	NO			NO	
CL 45		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			NO	
CL 47		1 ENTRADA	2 SI	SI	NO	NO			NO	
CL 50		1 ENTRADA	2 NO	SI	NO	NO			SI	
CL 51		1 SALIDA	2 NO	NO	NO	NO			NO	
CL 10		1 SALIDA	3 NO	NO	NO	NO			SI	
CL 10 A		1 ENTRADA	3 NO	SI	NO	NO			SI	

# CALZADAS_V22	DISPOSICION_V22	# CARRILES_V22	PERMITE GIRO IZQ_V22	PERMITE GIRO DER_V22	SEPARADOR_V22	TIPO SEPARADOR_V22	MEDIDA SEP_V22	CEBRA PEATONAL_V22	ANG, DEFL_V22	TIPO DE INTERSECCION
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI		ANDEN	0.8 SI			CRUZ
	1 ENTRADA	2 SI	SI	NO				SI	65°	CRUZ
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI		ANDEN Y VEGETACION	1.0 SI			CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	2 SI	SI	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	3 SI	SI	NO				SI		CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	2 NO	SI	NO				SI		CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	2 NO	NO	NO				SI		CRUZ
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI		ANDEN	0.8 SI			CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				SI	60°	CRUZ
	1 BIDIRECCIONAL	2 NO	SI	NO				NO		CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	3 NO	SI	NO				SI		CRUZ
	1 SALIDA	3 NO	NO	NO				NO		CRUZ
	1 BIDIRECCIONAL	2 SI	SI	NO				NO SE IDENTIFICA		CRUZ
	1 ENTRADA	2 SI	NO	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	3 NO	SI	NO				SI		CRUZ
	1 BIDIRECCIONAL	2 NO	SI	NO				SI	110°	CRUZ
	1 ENTRADA	2 NO	SI	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	2 NO	SI	NO				NO SE IDENTIFICA	58°	CRUZ
	2 BIDIRECCIONAL	4 NO	SI	SI		ANDEN Y VEGETACION	1.3 SI			CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				NO		CRUZ
	1 BIDIRECCIONAL	2 NO	SI	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	2 SI	NO	NO				SI	60°	CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				NO		CRUZ
	1 SALIDA	3 NO	NO	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	2 SI	SI	NO				SI		CRUZ
	1 ENTRADA	3 SI	NO	NO				SI		CRUZ
	1 SALIDA	2 NO	NO	NO				SI		CRUZ

D. Caracterización intersecciones para modelo

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

E. Volúmenes vehiculares iniciales

DIRECCION	VIA 1	2008		2009		2010				2011		2012				2013				2014				2015		2016						
		TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#			
CR 43 A x CL 1 SUR	CR 43 A							40471	1			13611.3	3																			
CR 43 A x CL 10	CR 43 A	38905	3					56074	1					20893	5	54761	8	49170	8		48214	8		48102	8	69301	8					
CR 43 A x CL 31	CR 43 A							56074	1							61626	8	61364	8		51394	8		61207	8	67072	8					
CR 43 A x CL 34	CR 43 A							56074	1																							
CR 43 A x CL 4 SUR	CR 43 A							56074	1					2218.4	3										54130	8	48410	8				
CR 43 x CL 52	CR 43							6751	1									8691.8	2													
CR 45 x CL 57	CR 45							18783	1																							
CR 46 x CL 47	CR 46							47361	1	14804	3										67790	2										
CR 46 x CL 50	CR 46							47361	1									4207.1	2													
CR 46 x CL 52	CR 46	45977.3	3					47361	1					55946	8			42102	2	69782	8	58996	8		61678	8	41298	2	62156	8		
CR 46 x CL 53	CR 46							47361	1	23321	3							63864	2								61654	2				
CR 46 x CL 54	CR 46							47361	1									49852	2			65214	2					59609	2			
CR 46 x CL 56	CR 46							47361	1																							
CR 46 x CL 57	CR 46							47361	1	14082	3																					
CR 65 x CL 43	CR 65							46043	1																31702	8	58334	2	28787	8		
CR 65 x CL 44	CR 65							46043	1	11940	3	31528	6		57227	5	24212	8	21545	8		20367	8		22187	8	24847	8				
CR 65 x CL 47 D	CR 65							46043	1	27302	6																					
CR 65 x CL 48	CR 65							46043	1	10875	3	27302	6																			
CR 65 x CL 49 B	CR 65							46043	1																							
CR 65 x CL 50	CR 65							50859	1	31187	6			26903	5										26213	8	24980	2	41817	4	21950.8	8
CR 65 x CL 51	CR 65							48255	1																			42218	4			
CR 65 x CL 55	CR 65							48255	1	28435	3	35849	6															42218	4			
CR 65 x CL 89	CR 65							48255	1												17987	8										
CR 65 x CL 94	CR 65							42306	1																							
CR 65 x CL 95	CR 65							27489	1									9916.6	8		10339	8		12188	8	10037	8					
CR 65 x CL 97	CR 65							9507	1																							
CR 65 x TRASV 78	CR 65							42051.7	3																							
CR 66 A x CL 33 LAT OCCIDENTAL	CR 66 A							3411	1																							

VIA 2	2008		2009				2010				2011		2012				2013				2014		2015		2016						
	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	TPD	#	
CL 1 SUR							14554	1																							
CL 10	30652	3					29248	1							48205.7	5	33977	8	54689	8		43309	8	40902.68	8	40463.04	8				
CL 31															11415.5	8			11678	8		11416	8	11759.35	8	12868.15	8				
CL 34							24590	1																							
CL 4 SUR							7714	1															6446.765	8	28688.37	8					
CL 52																		16102	2												
CL 57							6008	1																							
CL 47							7828	1													5338.6	2									
CL 50							18783	1											2785.8	2											
CL 52	13685	3													22728.3	8			13674	2	22583	8	24165	8	25313.01	8	14787.94	2	32254.76	8	
CL 53																			6108.7	2						6577.305	2				
CL 54							18783	1											7029.8	2		8212.8	2			5808.511	2				
CL 56																															
CL 57							6008	1															16808.55	8	13529.79	2	19986.59	8			
CL 43							12077	1																							
CL 44							53995	1	37859.4	3	83808	6			53940	5	70056	8	79380	8		71873	8	76885.27	8	81502.53	8				
CL 47 D							15134	1	8951.06	6																					
CL 48							4979	1	6424.93	3	8534	6																			
CL 49 B							4956	1																			18354	4			
CL 50							44328	1	52921.3	6					34758.6	5								35188.75	8	71752	4	57717.02	2	33854.6	8
CL 51							15134	1																			20742	4			
CL 55							25687	1	12936.7	3	46417	6														29249	4				
CL 89																								16903.7	8						
CL 94																															
CL 95							1396	1																							
CL 97																															
TRASV 78							24895.91	3																							
CL 33 LAT OCCIDENTAL							99569	1																							

*La numeración al lado de los valores de volúmenes, corresponde a las bases de datos mencionadas en el aparte de procesamiento de datos.

F. Volúmenes vehiculares mediante Kriging

OBJECTID	DIRECCION	VIA 1	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	AV 80 x CL 65 Colpisos	AV 80	18091	19331	20814	22303	24987	27191	30108	33299	35696
2	CR 36 x CL 36 A	CR 36	8459	9039	9732	10429	11684	12714	14078	15570	16691
3	CR 39 x CL 50	CR 39	8381	8955	9642	10332	11576	12597	13948	15426	16537
4	CR 42 x CL 52	CR 42	9067	9689	10432	11179	12524	13629	15090	16690	17891
5	CR 44 x CL 71	CR 44	9228	9860	10617	11377	12746	13870	15358	16986	18208
6	CR 44 x CL 74	CR 44	9243	9877	10634	11395	12767	13893	15383	17013	18238
7	CR 44 x CL 78	CR 44	8801	9404	10126	10851	12157	13229	14648	16200	17366
8	CR 44 x CL 80	CR 44	8856	9463	10190	10919	12233	13312	14740	16302	17475
9	CR 44 x CL 84	CR 44	9095	9718	10464	11213	12562	13670	15136	16740	17946
10	CR 44 x CL 86	CR 44	9046	9666	10407	11152	12494	13596	15055	16650	17849
11	CR 46 x CL 71 A	CR 46	8702	9298	10012	10728	12019	13080	14483	16017	17171
12	CR 46 x CL 73	CR 46	8686	9281	9993	10708	11997	13055	14455	15987	17138
13	CR 46 x CL 78	CR 46	8675	9270	9981	10695	11983	13039	14438	15968	17118
14	CR 46 x CL 80	CR 46	8676	9271	9983	10697	11984	13041	14440	15970	17120
15	CR 46 x CL 84	CR 46	8682	9277	9989	10704	11992	13050	14449	15981	17131
16	CR 46 x CL 86	CR 46	8675	9270	9981	10695	11983	13039	14438	15968	17118
17	CR 49 x CL 78	CR 49	4299	4594	4946	5300	5938	6462	7155	7913	8483
18	CR 51 x CL 50	CR 51	11023	11779	12682	13590	15225	16568	18346	20290	21751
19	CR 51 x CL 68	CR 51	22537	24082	25929	27785	31129	33874	37508	41483	44470
20	CR 52 x CL 70	CR 52	29034	31024	33404	35794	40102	43639	48321	53441	57289
21	CR 52 x CL 73	CR 52	29048	31038	33420	35811	40121	43660	48344	53466	57316
22	CR 52 x CL 82 Cuatro Bocas	CR 52	29019	31008	33387	35777	40082	43618	48297	53415	57260
23	CR 52 x CL 94	CR 52	7604	8126	8749	9375	10503	11430	12656	13997	15005
24	CR 53 x CL 54	CR 53	9397	10041	10811	11585	12979	14124	15639	17297	18542
25	CR 53 x CL 94	CR 53	7626	8149	8774	9402	10534	11463	12693	14037	15048
26	CR 55 x CL 49	CR 55	11015	11770	12673	13580	15214	16556	18333	20275	21735
27	CR 65 x CL 103 E	CR 65	8263	8830	9507	10187	11413	12420	13752	15210	16305
28	CR 65 x CL 103 FF	CR 65	8266	8833	9510	10191	11417	12425	13757	15215	16311
29	CR 65 x CL 104	CR 65	8266	8832	9510	10190	11417	12424	13756	15214	16309
30	CR 65 x CL 89	CR 65	41933	44807	48245	51697	57919	63028	69789	77184	82742
31	CR 65 x CL 94	CR 65	36761	39280	42294	45321	50775	55253	61181	67664	72536

VIA 2	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CL 65	15137	16175	17416	18662	20908	22752	25193	27862	29868
CL 36 A	8296	8864	9544	10227	11458	12469	13807	15270	16369
CL 50	8200	8762	9434	10109	11326	12325	13647	15093	16179
CL 52	8887	9496	10224	10956	12274	13357	14790	16357	17535
CL 71	9861	10537	11345	12157	13620	14822	16412	18151	19458
CL 74	9491	10142	10920	11701	13109	14266	15796	17470	18728
CL 78	9395	10039	10809	11582	12976	14121	15636	17293	18538
CL 80	9403	10048	10819	11593	12988	14134	15650	17309	18555
CL 84	9266	9901	10661	11424	12799	13928	15422	17056	18284
CL 86	8016	8565	9222	9882	11072	12048	13341	14754	15817
CL 71 A	11408	12190	13125	14065	15757	17147	18986	20998	22510
CL 73	11058	11816	12722	13633	15273	16620	18403	20353	21819
CL 78	10291	10996	11840	12688	14214	15468	17128	18942	20306
CL 80	10149	10845	11677	12513	14019	15255	16892	18682	20027
CL 84	10162	10858	11692	12528	14036	15274	16912	18705	20051
CL 86	9328	9967	10732	11500	12884	14020	15524	17169	18405
CL 78	12045	12871	13858	14850	16637	18105	20047	22171	23767
CL 50	9869	10545	11354	12167	13631	14833	16425	18165	19473
CL 68	15438	16496	17761	19032	21323	23204	25693	28415	30461
CL 70	16474	17603	18954	20311	22755	24762	27418	30324	32507
CL 73	14675	15681	16884	18092	20269	22057	24423	27011	28956
CL 82 Cuatro Boc	14704	15712	16918	18128	20310	22101	24472	27066	29014
CL 94	9903	10581	11393	12208	13678	14884	16481	18227	19540
CL 54	10507	11227	12088	12953	14512	15792	17486	19339	20732
CL 94	9902	10581	11393	12208	13677	14884	16481	18227	19539
CL 49	9717	10383	11180	11980	13421	14605	16172	17886	19173
CL 103 E	9940	10621	11436	12254	13729	14940	16543	18296	19613
CL 103 FF	9965	10648	11465	12285	13764	14978	16584	18342	19662
CL 104	9971	10655	11472	12293	13773	14987	16595	18354	19675
CL 89	13576	14507	15620	16738	18752	20406	22595	24989	26788
CL 94	15173	16213	17457	18707	20958	22807	25253	27929	29940

G. Datos aplicación CPM

DATOS GENERALES			DATOS REQUERIDOS DEL SITIO														DATOS DE TRANSITO			
Site No.	Highway	Direccion	# accesos con carriles giro izquierda	# accesos con carriles giro derecha	Presencia de Iluminacion	Reemplazado con glorieta	# Accesos giro izquierda permitido	# Accesos giro izquierda protegido y permitido	# Accesos giro izquierda protegido	# Acceso con giro derecha prohibido en rojo	Presencia de camaras	Volumen peatonal	Maximo numero de carriles que cruza el peaton	Paradas de bus a 300m a la redonda	Escuelas a 300m de la interseccion	Establecimientos de alcohol a 300m de la interseccion	Site No.	AÑO	TPD PRINCIPAL	TPD SECUNDARIA
13	4SG	CR 32 x CL 51	1	2	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	13	2013	9353.5227	10530
14	4SG	CR 34 x CL 1 SUR	0	2	yes		0	0	0	0.00	no	Medium (700)	4	2.00	1	1	14	2013	37276.798	20174
15	4SG	CR 34 x CL 10	0	2	yes		0	0	0	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	15	2013	36465.431	32680
16	4SG	CR 34 x CL 10 A	1	2	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	16	2013	36353.212	33671
17	4SG	CR 34 x CL 5	2	4	yes		0	0	2	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	17	2013	37342.731	30245
18	4SG	CR 34 x CL 7	1	1	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	18	2013	37231.4	30088
19	4SG	CR 35 x CL 10	1	1	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	19	2013	37312.698	34376
20	4SG	CR 35 x CL 29 C (LOMA I)	0	4	yes		0	0	0	0.00	no	Medium (700)	4	2.00	1	1	20	2013	37168.899	31695
21	4SG	CR 35 x CL 5 SUR	0	2	yes		0	0	0	0.00	no	Medium (700)	4	2.00	1	1	21	2013	37387.149	16711
22	4SG	CR 35 x CL 7	1	1	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	22	2013	37239.705	30514
23	4SG	CR 35 x CL 9 SUR	0	4	yes		0	0	0	0.00	no	Medium (700)	4	2.00	1	1	23	2013	34870.89	14246
24	4SG	CR 36 x CL 47	2	2	yes		0	0	2	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	24	2013	10427.067	10093
25	4SG	CR 36 A x CL 40	2	2	yes		0	0	2	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	25	2013	10235.808	11063
26	4SG	CR 36 A x CL 45	1	1	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	26	2013	10313.669	9961
27	4SG	CR 36 A x CL 47	2	2	yes		0	0	2	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	27	2013	10427.067	10093
28	4SG	CR 36 A x CL 50	1	2	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	28	2013	11573.154	10541
29	4SG	CR 36 A x CL 51	2	2	yes		0	0	2	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	29	2013	11649.793	10728
30	4SG	CR 36 x CL 10	1	1	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	30	2013	8190.6051	34722
31	4SG	CR 36 x CL 10 A	1	1	yes		0	0	1	0.00	yes	Medium (700)	2	2.00	1	1	31	2013	6930.2971	34409
32	4SG	CR 36 x CL 36	1	2	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	32	2013	26556.539	14012
33	4SG	CR 36 x CL 36 A	1	1	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	33	2013	12714.25	12469
34	4SG	CR 36 x CL 40	1	1	yes		0	0	1	0.00	no	Medium (700)	2	2.00	1	1	34	2013	10235.808	11063

H. Datos calibración Ci CPM

DATOS DE TRANSITO Y COLISIONES HISTORICAS													
Site No.	Highway	Site Description	Years of Crash Data	Observed Crashes	Year 1	Year 1 AADT mayor	Year 1 AADT menor	Year 2	Year 2 AADT mayor	Year 12 AADT menor	Year 3	Year 3 AADT mayor	Year 3 AADT menor
1	4SG	AV 80 x CL	3	30	2014	30108.37	25192.72	2015	33299	27862.29	2016	35696.35	29868
2	4SG	AV JARDIN	3	0	2014	52106.27	40940.71	2015	57628	45279.04	2016	61776.97	48539
3	4SG	AV NUTIBA	3	4	2014	83452.34	44088.34	2015	92295	48760.21	2016	98940.73	52271
4	4SG	AV NUTIBA	3	0	2014	45336.82	52572.8	2015	50141	58143.73	2016	53751.13	62330
5	4SG	AV NUTIBA	3	1	2014	68705.02	45434.66	2015	75985	50249.19	2016	81456.37	53867
6	4SG	CR 29 A x C	3	1	2014	29817.99	16770.36	2015	32978	18547.45	2016	35352.08	19883
7	4SG	CR 29 x CL	3	0	2014	31082.33	18685.64	2015	34376	20665.68	2016	36851.07	22154
8	4SG	CR 30 x CL	3	6	2014	7981.662	10931.15	2015	8827	12089.48	2016	9463.023	12960
9	4SG	CR 30 x CL	3	12	2014	7996.129	11013.92	2015	8843	12181.03	2016	9480.174	13058
10	4SG	CR 32 B x C	3	0	2014	34928.33	34415.63	2015	38630	38062.52	2016	41410.87	40803
11	4SG	CR 32 x CL	3	1	2014	33651.23	32691.07	2015	37217	36155.21	2016	39896.74	38758
12	4SG	CR 32 x CL	3	7	2014	11588.51	11547.79	2015	12816	12771.47	2016	13739.28	13691
13	4SG	CR 32 x CL	3	3	2014	10356.9	11659.9	2015	11454	12895.45	2016	12279.1	13824
14	4SG	CR 34 x CL	3	1	2014	41275.59	22337.76	2015	45649	24704.8	2016	48936.16	26484
15	4SG	CR 34 x CL	3	6	2014	40377.19	36185.34	2015	44656	40019.76	2016	47871.01	42901
16	4SG	CR 34 x CL	3	0	2014	40252.93	37282.66	2015	44518	41233.35	2016	47723.69	44202
17	4SG	CR 34 x CL	3	0	2014	41348.6	33489.72	2015	45730	37038.49	2016	49022.71	39705
18	4SG	CR 34 x CL	3	2	2014	41225.32	33316.16	2015	45594	36846.54	2016	48876.56	39499
19	4SG	CR 35 x CL	3	3	2014	41315.34	38063.39	2015	45693	42096.81	2016	48983.29	45128
20	4SG	CR 35 x CL	3	6	2014	41156.12	35094.47	2015	45517	38813.29	2016	48794.51	41608
21	4SG	CR 35 x CL	3	3	2014	41397.78	18503.76	2015	45785	20464.53	2016	49081.02	21938
22	4SG	CR 35 x CL	3	0	2014	41234.52	33786.85	2015	45604	37367.11	2016	48887.46	40058

I. Matriz de correlación

	ID	ENTRA DA_V11	SALIDA _V11	BIDIRE CCIONA L_V11	N_CAR RILES_ V11	IZQUIE RDO_V1 1	DEREC HO_V11	SEPARA DOR_V1 1	CEBRA _V11	N_CALZ ADAS_V 12	ENTRA DA_V12	SALIDA _V12	BIDIRE CCIONA L_V12	N_CAR RILES_ V12	IZQUIE RDO_V1 2	DEREC HO_V12	SEPARA DOR_V1 2	CEBRA _V12
ENTRADA_V11	-0.15642	1	-0.4087	-0.52537	-0.32229	0.43149	0.18733	-0.35635	0.17004	-0.32813	-0.35623	0.85973	-0.42647	-0.29747	-0.31137	-0.43192	-0.34338	-0.06121
SALIDA_V11	-0.0687	-0.4087	1	-0.56185	-0.35055	-0.39226	-0.57796	-0.41918	-0.14036	-0.37449	0.89253	-0.36211	-0.4986	-0.34144	0.36379	0.15877	-0.39294	0.09649
BIDIRECCIONAL_V11	0.20583	-0.52537	-0.56185	1	0.61894	-0.0254	0.36903	0.7146	-0.02237	0.64339	-0.51028	-0.43584	0.84726	0.58508	-0.05862	0.2405	0.67426	-0.03564
N_CARRILES_V11	0.09159	-0.32229	-0.35055	0.61894	1	-0.01377	0.15671	0.75953	0.00934	0.72959	-0.35058	-0.27458	0.56036	0.91555	-0.13426	0.14953	0.69224	0.05261
IZQUIERDO_V11	0.03153	0.43149	-0.39226	-0.0254	-0.01377	1	0.06411	-0.06176	0.0634	-0.08143	-0.33412	0.35701	-0.00702	-0.03621	-0.06499	-0.02353	-0.09571	0.01704
DERECHO_V11	0.06645	0.18733	-0.57796	0.36903	0.15671	0.06411	1	0.1977	0.19761	0.18452	-0.49188	0.17922	0.29257	0.16046	-0.06142	-0.14953	0.17856	-0.0168
SEPARADOR_V11	0.06532	-0.35635	-0.41918	0.7146	0.75953	-0.06176	0.1977	1	-0.03511	0.81911	-0.40923	-0.33342	0.6654	0.71872	-0.163	0.18478	0.85818	0.00929
CEBRA_V11	-0.021	0.17004	-0.14036	-0.02237	0.00934	0.0634	0.19761	-0.03511	1	-0.02511	-0.05639	0.14152	-0.07138	0.00891	-0.05528	0.02128	-0.04753	0.397
N_CALZADAS_V12	0.04472	-0.32813	-0.37449	0.64339	0.72959	-0.08143	0.18452	0.81911	-0.02511	1	-0.40845	-0.35384	0.68233	0.78998	-0.14408	0.1918	0.94722	-0.02591
ENTRADA_V12	-0.10133	-0.35623	0.89253	-0.51028	-0.35058	-0.33412	-0.49188	-0.40923	-0.05639	-0.40845	1	-0.37456	-0.58966	-0.36013	0.42457	0.15018	-0.43076	0.13836
SALIDA_V12	-0.11263	0.85973	-0.36211	-0.43584	-0.27458	0.35701	0.17922	-0.33342	0.14152	-0.35384	-0.37456	1	-0.528	-0.28132	-0.34772	-0.54541	-0.37261	-0.06732
BIDIRECCIONAL_V12	0.19091	-0.42647	-0.4986	0.84726	0.56036	-0.00702	0.29257	0.6654	-0.07138	0.68233	-0.58966	-0.528	1	0.5749	-0.086	0.33753	0.7191	-0.06925
N_CARRILES_V12	0.08532	-0.29747	-0.34144	0.58508	0.91555	-0.03621	0.16046	0.71872	0.00891	0.78998	-0.36013	-0.28132	0.5749	1	-0.09451	0.12797	0.7592	0.03711
IZQUIERDO_V12	0.02123	-0.31137	0.36379	-0.05862	-0.13426	-0.06499	-0.06142	-0.163	-0.05528	-0.14408	0.42457	-0.34772	-0.086	-0.09451	1	-0.0215	-0.16331	0.01468
DERECHO_V12	0.14866	-0.43192	0.15877	0.2405	0.14953	-0.02353	-0.14953	0.18478	0.02128	0.1918	0.15018	-0.54541	0.33753	0.12797	-0.0215	1	0.18968	0.19581
SEPARADOR_V12	0.06064	-0.34338	-0.39294	0.67426	0.69224	-0.09571	0.17856	0.85818	-0.04753	0.94722	-0.43076	-0.37261	0.7191	0.7592	-0.16331	0.18968	1	-0.02456
CEBRA_V12	-0.02822	-0.06121	0.09649	-0.03564	0.05261	0.01704	-0.0168	0.00929	0.397	-0.02591	0.13836	-0.06732	-0.06925	0.03711	0.01468	0.19581	-0.02456	1
N_CALZADAS_V21	0.12394	-0.00179	-0.02324	0.0237	0.05391	0.11526	0.20462	0.02909	0.11207	0.00147	0.02678	-0.03317	0.00451	0.00804	0.10228	0.23863	-0.00718	0.12539
ENTRADA_V21	-0.06546	0.07101	0.06626	-0.12877	-0.00399	0.07801	-0.57602	-0.05237	-0.11167	-0.03018	0.00537	0.04125	-0.0418	-0.04743	-0.46341	0.18159	-0.05331	-0.03025
SALIDA_V21	-0.09702	-0.02601	0.09395	-0.06491	-0.07948	-0.3005	0.1676	-0.05237	-0.01046	-0.0511	0.11691	0.01926	-0.12658	-0.02452	0.29471	-0.46714	-0.03623	-0.10064
BIDIRECCIONAL_V21	0.15892	-0.04727	-0.15822	0.1939	0.08079	0.21057	0.42531	0.10411	0.12373	0.08012	-0.11801	-0.06082	0.16467	0.07222	0.19149	0.26338	0.08952	0.12777
N_CARRILES_V21	0.1289	0.04848	0.01945	-0.06347	0.04037	0.12667	0.12148	-0.05911	0.12446	-0.0436	0.03756	0.03724	-0.06836	0.00234	0.0642	0.1681	-0.04911	0.13031
IZQUIERDO_V21	0.03509	-0.43495	0.16478	0.2477	0.15515	-0.1792	-0.17548	0.14157	-0.15709	0.14559	0.09886	-0.35528	0.22426	0.14733	-0.15991	0.42254	0.12931	0.03433
DERECHO_V21	0.0978	0.21204	-0.51342	0.28985	0.22966	0.39481	0.08237	0.22823	0.04934	0.23903	-0.6166	0.20113	0.39773	0.16846	-0.32748	0.11993	0.23419	-0.00014
SEPARADOR_V21	0.15632	-0.024	-0.04662	0.06658	0.05659	0.12416	0.2383	0.05283	0.09445	0.00779	0.01125	-0.04716	0.03152	0.01699	0.13509	0.23829	-0.00232	0.11015
CEBRA_V21	0.00974	-0.04195	-0.03558	0.0726	0.16979	0.02995	0.01185	0.12825	0.44346	0.09627	-0.0361	-0.01522	0.04723	0.12075	-0.19825	0.13475	0.08723	0.43956
N_CALZADAS_V22	0.10297	0.02376	-0.00568	-0.01675	-0.01113	0.10778	0.14294	-0.00181	0.09177	-0.0176	0.02872	-0.02133	-0.0079	-0.04869	0.08264	0.18415	-0.00673	0.0671
ENTRADA_V22	-0.1468	0.00163	0.04702	-0.04668	-0.0509	-0.38593	0.17266	-0.01524	0.03456	-0.01357	0.07032	0.06501	-0.124	-0.00768	0.20325	-0.59655	-0.00731	-0.10856
SALIDA_V22	-0.06999	0.10002	-0.00599	-0.0877	-0.00899	0.18251	-0.43782	-0.0337	-0.0501	-0.08092	-0.02752	0.0627	-0.03015	-0.04117	-0.38926	0.22577	-0.06903	0.00793
BIDIRECCIONAL_V22	0.21658	-0.1028	-0.04133	0.13575	0.06039	0.20433	0.26883	0.04954	0.01625	0.09643	-0.04274	-0.12966	0.15583	0.04984	0.1932	0.37049	0.07796	0.10091
N_CARRILES_V22	0.09612	0.05725	0.0302	-0.0825	-0.0072	0.1252	0.08716	-0.07212	0.12627	-0.04974	0.04873	0.03575	-0.07763	-0.04206	0.05997	0.12245	-0.03877	0.11178
IZQUIERDO_V22	-0.04133	0.15488	-0.33692	0.17885	0.094	-0.10659	0.45589	0.13542	0.03731	0.19159	-0.4051	0.2285	0.17601	0.12803	-0.15124	-0.27363	0.17929	-0.11634
DERECHO_V22	0.07032	-0.5539	0.23082	0.2959	0.16174	-0.23969	0.07199	0.18676	-0.05667	0.20976	0.20151	-0.43426	0.19865	0.19769	0.4553	-0.00364	0.20149	0.02324
SEPARADOR_V22	0.11908	-0.00131	-0.01782	0.01836	0.00522	0.11125	0.16811	0.0265	0.07812	-0.00619	0.02186	-0.04138	0.01644	-0.03352	0.09297	0.20558	0.00659	0.05153
CEBRA_V22	-0.01798	-0.14137	0.05999	0.075	0.14971	-0.14452	0.05879	0.0727	0.39987	0.09875	0.08698	-0.04914	-0.03769	0.12241	0.00182	-0.0144	0.08103	0.47376
INTERSECCION_T	0.10551	-0.12218	-0.14648	0.2473	0.23094	-0.01089	-0.06022	0.23763	-0.26108	0.26271	-0.16197	-0.16633	0.29324	0.23845	-0.01206	-0.02752	0.2899	-0.24587

N_CALZADAS_V21	ENTRA DA_V21	SALIDA _V21	BIDIRE CCIONA L_V21	N_CAR RILES _V21	IZQUIE RDO_V2 1	DEREC HO_V21	SEPARA DOR_V2 1	CEBRA _V21	N_CALZ ADAS_V 22	ENTRA DA_V22	SALIDA _V22	BIDIRE CCIONA L_V22	N_CAR RILES _V22	IZQUIE RDO_V2 2	DEREC HO_V22	SEPARA DOR_V2 2	CEBRA _V22	INTERS ECCION T
-0.00179	0.07101	-0.02601	-0.04727	0.04848	-0.43495	0.21204	-0.024	-0.04195	0.02376	0.00163	0.10002	-0.1028	0.05725	0.15488	-0.5539	-0.00131	-0.14137	-0.12218
-0.02324	0.06626	0.09395	-0.15822	0.01945	0.16478	-0.51342	-0.04662	-0.03558	-0.00568	0.04702	-0.00599	-0.04133	0.0302	-0.33692	0.23082	-0.01782	0.05999	-0.14648
0.0237	-0.12877	-0.06491	0.1939	-0.06347	0.2477	0.28985	0.06658	0.0726	-0.01675	-0.04668	-0.0877	0.13575	-0.0825	0.17885	0.2959	0.01836	0.075	0.2473
0.05391	-0.00399	-0.07948	0.08079	0.04037	0.15515	0.22966	0.05659	0.16979	-0.01113	-0.0509	-0.00899	0.06039	-0.0072	0.094	0.16174	0.00522	0.14971	0.23094
0.11526	0.07801	-0.3005	0.21057	0.12667	-0.1792	0.39481	0.12416	0.02995	0.10778	-0.38593	0.18251	0.20433	0.1252	-0.10659	-0.23969	0.11125	-0.14452	-0.01089
0.20462	-0.57602	0.1676	0.42531	0.12148	-0.17548	0.08237	0.2383	0.01185	0.14294	0.17266	-0.43782	0.26883	0.08716	0.45589	0.07199	0.16811	0.05879	-0.06022
0.02909	-0.05237	-0.05237	0.10411	-0.05911	0.14157	0.22823	0.05283	0.12825	-0.00181	-0.01524	-0.0337	0.04954	-0.07212	0.13542	0.18676	0.0265	0.0727	0.23763
0.11207	-0.11167	-0.01046	0.12373	0.12446	-0.15709	0.04934	0.09445	0.44346	0.09177	0.03456	-0.0501	0.01625	0.12627	0.03731	-0.05667	0.07812	0.39987	-0.26108
0.00147	-0.03018	-0.0511	0.08012	-0.0436	0.14559	0.23903	0.00779	0.09627	-0.0176	-0.01357	-0.08092	0.09643	-0.04974	0.19159	0.20976	-0.00619	0.09875	0.26271
0.02678	0.00537	0.11691	-0.11801	0.03756	0.09886	-0.6166	0.01125	-0.0361	0.02872	0.07032	-0.02752	-0.04274	0.04873	-0.4051	0.20151	0.02186	0.08698	-0.16197
-0.03317	0.04125	0.01926	-0.06082	0.03724	-0.35528	0.20113	-0.04716	-0.01522	-0.02133	0.06501	0.0627	-0.12966	0.03575	0.2285	-0.43426	-0.04138	-0.04914	-0.16633
0.00451	-0.0418	-0.12658	0.16467	-0.06836	0.22426	0.39773	0.03152	0.04723	-0.0079	-0.124	-0.03015	0.15583	-0.07763	0.17601	0.19865	0.01644	-0.03769	0.29324
0.00804	-0.04743	-0.02452	0.07222	0.00234	0.14733	0.16846	0.01699	0.12075	-0.04869	-0.00768	-0.04117	0.04984	-0.04206	0.12803	0.19769	-0.03352	0.12241	0.23845
0.10228	-0.46341	0.29471	0.19149	0.0642	-0.15991	-0.32748	0.13509	-0.19825	0.08264	0.20325	-0.38926	0.1932	0.05997	-0.15124	0.4553	0.09297	0.00182	-0.01206
0.23863	0.18159	-0.46714	0.26338	0.1681	0.42254	0.11993	0.23829	0.13475	0.18415	-0.59655	0.22577	0.37049	0.12245	-0.27363	-0.00364	0.20558	-0.0144	-0.02752
-0.00718	-0.05331	-0.03623	0.08952	-0.04911	0.12931	0.23419	-0.00232	0.08723	-0.00673	-0.00731	-0.06903	0.07796	-0.03877	0.17929	0.20149	0.00659	0.08103	0.2899
0.12539	-0.03025	-0.10064	0.12777	0.13031	0.03433	-0.00014	0.11015	0.43956	0.0671	-0.10856	0.00793	0.10091	0.11178	-0.11634	0.02324	0.05153	0.47376	-0.24587
1	-0.32764	-0.28659	0.60593	0.78587	0.01572	0.0761	0.93627	0.10702	0.86695	-0.30388	-0.24547	0.55561	0.70144	-0.1073	0.09983	0.82683	0.09079	-0.02105
-0.32764	1	-0.48555	-0.55407	-0.25723	0.31159	0.27716	-0.3614	0.07386	-0.26309	-0.48059	0.85814	-0.3962	-0.22902	-0.39695	-0.53337	-0.29835	-0.16667	0.07867
-0.28659	-0.48555	1	-0.45873	-0.26345	-0.46598	-0.61625	-0.30635	-0.12493	-0.283	0.89262	-0.48831	-0.395	-0.26255	0.36583	0.34135	-0.29759	0.10779	-0.17738
0.60593	-0.55407	-0.45873	1	0.51233	0.12701	0.30511	0.66017	0.04335	0.54057	-0.38088	-0.39312	0.7838	0.48629	0.04599	0.2076	0.59148	0.06468	0.08895
0.78587	-0.25723	-0.26345	0.51233	1	-0.02964	0.07719	0.77076	0.16677	0.74244	-0.31139	-0.1866	0.50292	0.91131	-0.14275	0.0768	0.7495	0.10658	-0.03922
0.01572	0.31159	-0.46598	0.12701	-0.02964	1	0.10039	0.02881	0.04335	-0.02167	-0.43357	0.33077	0.09613	-0.06673	-0.13872	-0.07593	-0.02037	0.00861	0.16589
0.0761	0.27716	-0.61625	0.30511	0.07719	0.10039	1	0.10194	0.08131	0.06201	-0.51975	0.34909	0.16376	0.06761	-0.07255	-0.30785	0.07433	-0.08544	0.03187
0.93627	-0.3614	-0.30635	0.66017	0.77076	0.02881	0.10194	1	0.10246	0.81845	-0.31832	-0.27611	0.60268	0.70313	-0.11232	0.11747	0.87236	0.08137	0.02475
0.10702	0.07386	-0.12493	0.04335	0.16677	0.04335	0.08131	0.10246	1	0.0993	-0.14401	0.1139	0.02737	0.13682	-0.07322	-0.0336	0.08685	0.45122	-0.14724
0.86695	-0.26309	-0.283	0.54057	0.74244	-0.02167	0.06201	0.81845	0.0993	1	-0.28664	-0.2675	0.55489	0.79181	-0.06171	0.11429	0.94876	0.08051	0.05393
-0.30388	-0.48059	0.89262	-0.38088	-0.31139	-0.43357	-0.51975	-0.31832	-0.14401	-0.28664	1	-0.50167	-0.48818	-0.26867	0.41528	0.32429	-0.29998	0.1296	-0.10331
-0.24547	0.85814	-0.48831	-0.39312	-0.1866	0.33077	0.34909	-0.27611	0.1139	-0.2675	-0.50167	1	-0.51007	-0.21525	-0.4384	-0.66625	-0.30277	-0.1886	-0.05506
0.55561	-0.3962	-0.395	0.7838	0.50292	0.09613	0.16376	0.60268	0.02737	0.55489	-0.48818	-0.51007	1	0.4843	0.02937	0.34973	0.60486	0.06197	0.15827
0.70144	-0.22902	-0.26255	0.48629	0.91131	-0.06673	0.06761	0.70313	0.13682	0.79181	-0.26867	-0.21525	0.4843	1	-0.0978	0.10927	0.79607	0.09901	0.04764
-0.1073	-0.39695	0.36583	0.04599	-0.14275	-0.13872	-0.07255	-0.11232	-0.07322	-0.06171	0.41528	-0.4384	0.02937	-0.0978	1	0.12772	-0.05932	0.0461	0.00529
0.09983	-0.53337	0.34135	0.2076	0.0768	-0.07593	-0.30785	0.11747	-0.0336	0.11429	0.32429	-0.66625	0.34973	0.10927	0.12772	1	0.13527	0.14442	0.00912
0.82683	-0.29835	-0.29759	0.59148	0.7495	-0.02037	0.07433	0.87236	0.08685	0.94876	-0.29998	-0.30277	0.60486	0.79607	-0.05932	0.13527	1	0.07041	0.0821
0.09079	-0.16667	0.10779	0.06468	0.10658	0.00861	-0.08544	0.08137	0.45122	0.08051	0.1296	-0.1886	0.06197	0.09901	0.0461	0.14442	0.07041	1	-0.13685
-0.02105	0.07867	-0.17738	0.08895	-0.03922	0.16589	0.03187	0.02475	-0.14724	0.05393	-0.10331	-0.05506	0.15827	0.04764	0.00529	0.00912	0.0821	-0.13685	1

	ID	ENTRA DA_V11	SALIDA _V11	BIDIRE CCIONA L_V11	N_CAR RILES _V11	IZQUIE RDO_V1 1	DEREC HO_V11	SEPARA DOR_V1 1	CEBRA _V11	N_CALZ ADAS_V 12	ENTRA DA_V12	SALIDA _V12	BIDIRE CCIONA L_V12	N_CAR RILES _V12	IZQUIE RDO_V1 2	DEREC HO_V12	SEPARA DOR_V1 2	CEBRA _V12
ENTRADA_V11	0.15642	1	0.4087	0.52537	0.32229	0.43149	0.18733	0.35635	0.17004	0.32813	0.35623	0.85973	0.42647	0.29747	0.31137	0.43192	0.34338	0.06121
SALIDA_V11	0.0687	0.4087	1	0.56185	0.35055	0.39226	0.57796	0.41918	0.14036	0.37449	0.89253	0.36211	0.4986	0.34144	0.36379	0.15877	0.39294	0.09649
BIDIRECCIONAL_V11	0.20583	0.52537	0.56185	1	0.61894	0.0254	0.36903	0.7146	0.02237	0.64339	0.51028	0.43584	0.84726	0.58508	0.05862	0.2405	0.67426	0.03564
N_CARRILES_V11	0.09159	0.32229	0.35055	0.61894	1	0.01377	0.15671	0.75953	0.00934	0.72959	0.35058	0.27458	0.56036	0.91555	0.13426	0.14953	0.69224	0.05261
IZQUIERDO_V11	0.03153	0.43149	0.39226	0.0254	0.01377	1	0.06411	0.06176	0.0634	0.08143	0.33412	0.35701	0.00702	0.03621	0.06499	0.02353	0.09571	0.01704
DERECHO_V11	0.06645	0.18733	0.57796	0.36903	0.15671	0.06411	1	0.1977	0.19761	0.18452	0.49188	0.17922	0.29257	0.16046	0.06142	0.14953	0.17856	0.0168
SEPARADOR_V11	0.06532	0.35635	0.41918	0.7146	0.75953	0.06176	0.1977	1	0.03511	0.81911	0.40923	0.33342	0.6654	0.71872	0.163	0.18478	0.85818	0.00929
CEBRA_V11	0.021	0.17004	0.14036	0.02237	0.00934	0.0634	0.19761	0.03511	1	0.02511	0.05639	0.14152	0.07138	0.00891	0.05528	0.02128	0.04753	0.397
N_CALZADAS_V12	0.04472	0.32813	0.37449	0.64339	0.72959	0.08143	0.18452	0.81911	0.02511	1	0.40845	0.35384	0.68233	0.78998	0.14408	0.1918	0.94722	0.02591
ENTRADA_V12	0.10133	0.35623	0.89253	0.51028	0.35058	0.33412	0.49188	0.40923	0.05639	0.40845	1	0.37456	0.58966	0.36013	0.42457	0.15018	0.43076	0.13836
SALIDA_V12	0.11263	0.85973	0.36211	0.43584	0.27458	0.35701	0.17922	0.33342	0.14152	0.35384	0.37456	1	0.528	0.28132	0.34772	0.54541	0.37261	0.06732
BIDIRECCIONAL_V12	0.19091	0.42647	0.4986	0.84726	0.56036	0.00702	0.29257	0.6654	0.07138	0.68233	0.58966	0.528	1	0.5749	0.086	0.33753	0.7191	0.06925
N_CARRILES_V12	0.08532	0.29747	0.34144	0.58508	0.91555	0.03621	0.16046	0.71872	0.00891	0.78998	0.36013	0.28132	0.5749	1	0.09451	0.12797	0.7592	0.03711
IZQUIERDO_V12	0.02123	0.31137	0.36379	0.05862	0.13426	0.06499	0.06142	0.163	0.05528	0.14408	0.42457	0.34772	0.086	0.09451	1	0.0215	0.16331	0.01468
DERECHO_V12	0.14866	0.43192	0.15877	0.2405	0.14953	0.02353	0.14953	0.18478	0.02128	0.1918	0.15018	0.54541	0.33753	0.12797	0.0215	1	0.18968	0.19581
SEPARADOR_V12	0.06064	0.34338	0.39294	0.67426	0.69224	0.09571	0.17856	0.85818	0.04753	0.94722	0.43076	0.37261	0.7191	0.7592	0.16331	0.18968	1	0.02456
CEBRA_V12	0.02822	0.06121	0.09649	0.03564	0.05261	0.01704	0.0168	0.00929	0.397	0.02591	0.13836	0.06732	0.06925	0.03711	0.01468	0.19581	0.02456	1
N_CALZADAS_V21	0.12394	0.00179	0.02324	0.0237	0.05391	0.11526	0.20462	0.02909	0.11207	0.00147	0.02678	0.03317	0.00451	0.00804	0.10228	0.23863	0.00718	0.12539
ENTRADA_V21	0.06546	0.07101	0.06626	0.12877	0.00399	0.07801	0.57602	0.05237	0.11167	0.03018	0.00537	0.04125	0.0418	0.04743	0.46341	0.18159	0.05331	0.03025
SALIDA_V21	0.09702	0.02601	0.09395	0.06491	0.07948	0.3005	0.1676	0.05237	0.01046	0.0511	0.11691	0.01926	0.12658	0.02452	0.29471	0.46714	0.03623	0.10064
BIDIRECCIONAL_V21	0.15892	0.04727	0.15822	0.1939	0.08079	0.21057	0.42531	0.10411	0.12373	0.08012	0.11801	0.06082	0.16467	0.07222	0.19149	0.26338	0.08952	0.12777
N_CARRILES_V21	0.1289	0.04848	0.01945	0.06347	0.04037	0.12667	0.12148	0.05911	0.12446	0.0436	0.03756	0.03724	0.06836	0.00234	0.0642	0.1681	0.04911	0.13031
IZQUIERDO_V21	0.03509	0.43495	0.16478	0.2477	0.15515	0.1792	0.17548	0.14157	0.15709	0.14559	0.09886	0.35528	0.22426	0.14733	0.15991	0.42254	0.12931	0.03433
DERECHO_V21	0.0978	0.21204	0.51342	0.28985	0.22966	0.39481	0.08237	0.22823	0.04934	0.23903	0.6166	0.20113	0.39773	0.16846	0.32748	0.11993	0.23419	0.00014
SEPARADOR_V21	0.15632	0.024	0.04662	0.06658	0.05659	0.12416	0.2383	0.05283	0.09445	0.00779	0.01125	0.04716	0.03152	0.01699	0.13509	0.23829	0.00232	0.11015
CEBRA_V21	0.00974	0.04195	0.03558	0.0726	0.16979	0.02995	0.01185	0.12825	0.44346	0.09627	0.0361	0.01522	0.04723	0.12075	0.19825	0.13475	0.08723	0.43956
N_CALZADAS_V22	0.10297	0.02376	0.00568	0.01675	0.01113	0.10778	0.14294	0.00181	0.09177	0.0176	0.02872	0.02133	0.0079	0.04869	0.08264	0.18415	0.00673	0.0671
ENTRADA_V22	0.1468	0.00163	0.04702	0.04668	0.0509	0.38593	0.17266	0.01524	0.03456	0.01357	0.07032	0.06501	0.124	0.00768	0.20325	0.59655	0.00731	0.10856
SALIDA_V22	0.06999	0.10002	0.00599	0.0877	0.00899	0.18251	0.43782	0.0337	0.0501	0.08092	0.02752	0.0627	0.03015	0.04117	0.38926	0.22577	0.06903	0.00793
BIDIRECCIONAL_V22	0.21658	0.1028	0.04133	0.13575	0.06039	0.20433	0.26883	0.04954	0.01625	0.09643	0.04274	0.12966	0.15583	0.04984	0.1932	0.37049	0.07796	0.10091
N_CARRILES_V22	0.09612	0.05725	0.0302	0.0825	0.0072	0.1252	0.08716	0.07212	0.12627	0.04974	0.04873	0.03575	0.07763	0.04206	0.05997	0.12245	0.03877	0.11178
IZQUIERDO_V22	0.04133	0.15488	0.33692	0.17885	0.094	0.10659	0.45589	0.13542	0.03731	0.19159	0.4051	0.2285	0.17601	0.12803	0.15124	0.27363	0.17929	0.11634
DERECHO_V22	0.07032	0.5539	0.23082	0.2959	0.16174	0.23969	0.07199	0.18676	0.05667	0.20976	0.20151	0.43426	0.19865	0.19769	0.4553	0.00364	0.20149	0.02324
SEPARADOR_V22	0.11908	0.00131	0.01782	0.01836	0.00522	0.11125	0.16811	0.0265	0.07812	0.00619	0.02186	0.04138	0.01644	0.03352	0.09297	0.20558	0.00659	0.05153
CEBRA_V22	0.01798	0.14137	0.05999	0.075	0.14971	0.14452	0.05879	0.0727	0.39987	0.09875	0.08698	0.04914	0.03769	0.12241	0.00182	0.0144	0.08103	0.47376
INTERSECCION_T	0.10551	0.12218	0.14648	0.2473	0.23094	0.01089	0.06022	0.23763	0.26108	0.26271	0.16197	0.16633	0.29324	0.23845	0.01206	0.02752	0.2899	0.24587

N_CALZADAS_V21	ENTRA DA_V21	SALIDA _V21	BIDIRE CCIONA L_V21	N_CAR RILES V21	IZQUIE RDO_V2 1	DEREC HO_V21	SEPARA DOR_V2 1	CEBRA _V21	N_CALZ ADAS_V 22	ENTRA DA_V22	SALIDA _V22	BIDIRE CCIONA L_V22	N_CAR RILES V22	IZQUIE RDO_V2 2	DEREC HO_V22	SEPARA DOR_V2 2	CEBRA _V22	INTERS ECCION _T
0.00179	0.07101	0.02601	0.04727	0.04848	0.43495	0.21204	0.024	0.04195	0.02376	0.00163	0.10002	0.1028	0.05725	0.15488	0.5539	0.00131	0.14137	0.12218
0.02324	0.06626	0.09395	0.15822	0.01945	0.16478	0.51342	0.04662	0.03558	0.00568	0.04702	0.00599	0.04133	0.0302	0.33692	0.23082	0.01782	0.05999	0.14648
0.0237	0.12877	0.06491	0.1939	0.06347	0.2477	0.28985	0.06658	0.0726	0.01675	0.04668	0.0877	0.13575	0.0825	0.17885	0.2959	0.01836	0.075	0.2473
0.05391	0.00399	0.07948	0.08079	0.04037	0.15515	0.22966	0.05659	0.16979	0.01113	0.0509	0.00899	0.06039	0.0072	0.094	0.16174	0.00522	0.14971	0.23094
0.11526	0.07801	0.3005	0.21057	0.12667	0.1792	0.39481	0.12416	0.02995	0.10778	0.38593	0.18251	0.20433	0.1252	0.10659	0.23969	0.11125	0.14452	0.01089
0.20462	0.57602	0.1676	0.42531	0.12148	0.17548	0.08237	0.2383	0.01185	0.14294	0.17266	0.43782	0.26883	0.08716	0.45589	0.07199	0.16811	0.05879	0.06022
0.02909	0.05237	0.05237	0.10411	0.05911	0.14157	0.22823	0.05283	0.12825	0.00181	0.01524	0.0337	0.04954	0.07212	0.13542	0.18676	0.0265	0.0727	0.23763
0.11207	0.11167	0.01046	0.12373	0.12446	0.15709	0.04934	0.09445	0.44346	0.09177	0.03456	0.0501	0.01625	0.12627	0.03731	0.05667	0.07812	0.39987	0.26108
0.00147	0.03018	0.0511	0.08012	0.0436	0.14559	0.23903	0.00779	0.09627	0.0176	0.01357	0.08092	0.09643	0.04974	0.19159	0.20976	0.00619	0.09875	0.26271
0.02678	0.00537	0.11691	0.11801	0.03756	0.09886	0.6166	0.01125	0.0361	0.02872	0.07032	0.02752	0.04274	0.04873	0.4051	0.20151	0.02186	0.08698	0.16197
0.03317	0.04125	0.01926	0.06082	0.03724	0.35528	0.20113	0.04716	0.01522	0.02133	0.06501	0.0627	0.12966	0.03575	0.2285	0.43426	0.04138	0.04914	0.16633
0.00451	0.0418	0.12658	0.16467	0.06836	0.22426	0.39773	0.03152	0.04723	0.0079	0.124	0.03015	0.15583	0.07763	0.17601	0.19865	0.01644	0.03769	0.29324
0.00804	0.04743	0.02452	0.07222	0.00234	0.14733	0.16846	0.01699	0.12075	0.04869	0.00768	0.04117	0.04984	0.04206	0.12803	0.19769	0.03352	0.12241	0.23845
0.10228	0.46341	0.29471	0.19149	0.0642	0.15991	0.32748	0.13509	0.19825	0.08264	0.20325	0.38926	0.1932	0.05997	0.15124	0.4553	0.09297	0.00182	0.01206
0.23863	0.18159	0.46714	0.26338	0.1681	0.42254	0.11993	0.23829	0.13475	0.18415	0.59655	0.22577	0.37049	0.12245	0.27363	0.00364	0.20558	0.0144	0.02752
0.00718	0.05331	0.03623	0.08952	0.04911	0.12931	0.23419	0.00232	0.08723	0.00673	0.00731	0.06903	0.07796	0.03877	0.17929	0.20149	0.00659	0.08103	0.2899
0.12539	0.03025	0.10064	0.12777	0.13031	0.03433	0.00014	0.11015	0.43956	0.0671	0.10856	0.00793	0.10091	0.11178	0.11634	0.02324	0.05153	0.47376	0.24587
1	0.32764	0.28659	0.60593	0.78587	0.01572	0.0761	0.93627	0.10702	0.86695	0.30388	0.24547	0.55561	0.70144	0.1073	0.09983	0.82683	0.09079	0.02105
0.32764	1	0.48555	0.55407	0.25723	0.31159	0.27716	0.3614	0.07386	0.26309	0.48059	0.85814	0.3962	0.22902	0.39695	0.53337	0.29835	0.16667	0.07867
0.28659	0.48555	1	0.45873	0.26345	0.46598	0.61625	0.30635	0.12493	0.283	0.89262	0.48831	0.395	0.26255	0.36583	0.34135	0.29759	0.10779	0.17738
0.60593	0.55407	0.45873	1	0.51233	0.12701	0.30511	0.66017	0.04335	0.54057	0.38088	0.39312	0.7838	0.48629	0.04599	0.2076	0.59148	0.06468	0.08895
0.78587	0.25723	0.26345	0.51233	1	0.02964	0.07719	0.77076	0.16677	0.74244	0.31139	0.1866	0.50292	0.91131	0.14275	0.0768	0.7495	0.10658	0.03922
0.01572	0.31159	0.46598	0.12701	0.02964	1	0.10039	0.02881	0.04335	0.02167	0.43357	0.33077	0.09613	0.06673	0.13872	0.07593	0.02037	0.00861	0.16589
0.0761	0.27716	0.61625	0.30511	0.07719	0.10039	1	0.10194	0.08131	0.06201	0.51975	0.34909	0.16376	0.06761	0.07255	0.30785	0.07433	0.08544	0.03187
0.93627	0.3614	0.30635	0.66017	0.77076	0.02881	0.10194	1	0.10246	0.81845	0.31832	0.27611	0.60268	0.70313	0.11232	0.11747	0.87236	0.08137	0.02475
0.10702	0.07386	0.12493	0.04335	0.16677	0.04335	0.08131	0.10246	1	0.0993	0.14401	0.1139	0.02737	0.13682	0.07322	0.0336	0.08685	0.45122	0.14724
0.86695	0.26309	0.283	0.54057	0.74244	0.02167	0.06201	0.81845	0.0993	1	0.28664	0.2675	0.55489	0.79181	0.06171	0.11429	0.94876	0.08051	0.05393
0.30388	0.48059	0.89262	0.38088	0.31139	0.43357	0.51975	0.31832	0.14401	0.28664	1	0.50167	0.48818	0.26867	0.41528	0.32429	0.29998	0.1296	0.10331
0.24547	0.85814	0.48831	0.39312	0.1866	0.33077	0.34909	0.27611	0.1139	0.2675	0.50167	1	0.51007	0.21525	0.4384	0.66625	0.30277	0.1886	0.05506
0.55561	0.3962	0.395	0.7838	0.50292	0.09613	0.16376	0.60268	0.02737	0.55489	0.48818	0.51007	1	0.4843	0.02937	0.34973	0.60486	0.06197	0.15827
0.70144	0.22902	0.26255	0.48629	0.91131	0.06673	0.06761	0.70313	0.13682	0.79181	0.26867	0.21525	0.4843	1	0.0978	0.10927	0.79607	0.09901	0.04764
0.1073	0.39695	0.36583	0.04599	0.14275	0.13872	0.07255	0.11232	0.07322	0.06171	0.41528	0.4384	0.02937	0.0978	1	0.12772	0.05932	0.0461	0.00529
0.09983	0.53337	0.34135	0.2076	0.0768	0.07593	0.30785	0.11747	0.0336	0.11429	0.32429	0.66625	0.34973	0.10927	0.12772	1	0.13527	0.14442	0.00912
0.82683	0.29835	0.29759	0.59148	0.7495	0.02037	0.07433	0.87236	0.08685	0.94876	0.29998	0.30277	0.60486	0.79607	0.05932	0.13527	1	0.07041	0.0821
0.09079	0.16667	0.10779	0.06468	0.10658	0.00861	0.08544	0.08137	0.45122	0.08051	0.1296	0.1886	0.06197	0.09901	0.0461	0.14442	0.07041	1	0.13685
0.02105	0.07867	0.17738	0.08895	0.03922	0.16589	0.03187	0.02475	0.14724	0.05393	0.10331	0.05506	0.15827	0.04764	0.00529	0.00912	0.0821	0.13685	1

J. Modelación SPF R

Significado de las variables

```
datam$crash_sev_1_tot<-datam$CRASH_SEV_1_2012+datam$CRASH_SEV_1_2013+datam$CRASH_SEV_1_2014+datam$CRASH_SEV_1_2015+datam$CRASH_SEV_1_2016
```

```
datam$crash_sev_2_tot<-datam$CRASH_SEV_2_2012+datam$CRASH_SEV_2_2013+datam$CRASH_SEV_2_2014+datam$CRASH_SEV_2_2015+datam$CRASH_SEV_2_2016
```

```
datam$crash_sev_3_tot<-datam$CRASH_SEV_3_2012+datam$CRASH_SEV_3_2013+datam$CRASH_SEV_3_2014+datam$CRASH_SEV_3_2015+datam$CRASH_SEV_3_2016
```

```
datam$ENTRADA_V1J<-(datam$ENTRADA_V12==1 & datam$ENTRADA_V11==1)
```

```
datam$SALIDA_V1J<-(datam$SALIDA_V12==1 & datam$SALIDA_V11==1)
```

```
datam$BIDIRECCIONAL_V1J<-(datam$BIDIRECCIONAL_V12==1 & datam$BIDIRECCIONAL_V11==1)
```

```
N_CARRILES_IND1<-(datam$N_CARRILES_V11>=datam$N_CARRILES_V12)
```

```
N_CARRILES_IND2<-(datam$N_CARRILES_V11<datam$N_CARRILES_V12)
```

```
datam$N_CARRILES_V1=pmax(datam$N_CARRILES_V11, datam$N_CARRILES_V12)
```

```
datam$IZQUIERDO_V1J<-(datam$IZQUIERDO_V12==1 | datam$IZQUIERDO_V11==1)
```

```
datam$DERECHO_V1J<-(datam$DERECHO_V12==1 | datam$DERECHO_V11==1)
```

```
datam$CEBRA_V1J<-(datam$CEBRA_V12==1 & datam$CEBRA_V11==1)
```

```
datam$ENTRADA_V2J<-(datam$ENTRADA_V21==1 & datam$ENTRADA_V22==1)
```

```
datam$DERECHO_V2J<-(datam$DERECHO_V21==1 & datam$DERECHO_V22==1)
```

```
datam$SEPARADOR_V2J<-(datam$SEPARADOR_V21==1 & datam$SEPARADOR_V22==1)
```

```
datam$CEBRA_V2J<-(datam$CEBRA_V21==1 & datam$CEBRA_V22==1)
```

```
datam$N_CARRILES_V2=pmax(datam$N_CARRILES_V21, datam$N_CARRILES_V22)
```

SPFs: 2012-2016. AADT: 2014 - Kriging Interpolation

```
> #FINAL MODEL FOR PDO
>
> modn <- glm.nb((crash_sev_1_tot) ~ log((VOL_2014_1+1)*(VOL_2014_2+1))+INTERSEC
CION.T+N_CARRILES_V1+SEPARADOR_V1J+CEBRA_V11+ENTRADA_V2J+N_CARRILES_V1, data=dat
am)
> summary(modn)
```

Call:

```
glm.nb(formula = (crash_sev_1_tot) ~ log((VOL_2014_1 + 1) * (VOL_2014_2 +
1)) + INTERSECCION.T + N_CARRILES_V1 + SEPARADOR_V1J + CEBRA_V11 +
ENTRADA_V2J + N_CARRILES_V1, data = datam, init.theta = 1.283114383,
link = log)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.6450	-0.8999	-0.3450	0.3340	2.8875

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-1.47838	0.43482	-3.400	0.000674	**
*					
log((VOL_2014_1 + 1) * (VOL_2014_2 + 1))	0.14955	0.02094	7.141	9.25e-13	**
*					
INTERSECCION.T	-0.59676	0.19165	-3.114	0.001847	**
N_CARRILES_V1	0.24088	0.04627	5.206	1.93e-07	**
*					
SEPARADOR_V1JTRUE	-0.23366	0.16493	-1.417	0.156560	
CEBRA_V11	-0.28099	0.11504	-2.443	0.014583	*
ENTRADA_V2JTRUE	-2.18259	0.75789	-2.880	0.003979	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(1.2831) family taken to be 1)

Null deviance: 559.9 on 382 degrees of freedom

Residual deviance: 434.3 on 376 degrees of freedom

(64 observations deleted due to missingness)

AIC: 2292.8

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 1.283
Std. Err.: 0.116

2 x log-likelihood: -2276.793

>


```
> #FINAL MODEL FOR INJ AND FATAL
>
> modn <- glm.nb((CRASH_SEV_2_2016+CRASH_SEV_3_2016) ~ log((VOL_2014_1+1)*(VOL_2
014_2+1))+INTERSECCION.T+BIDIRECCIONAL_V1J+DERECHO_V2J, data=datam)
> summary(modn)
```

Call:

```
glm.nb(formula = (CRASH_SEV_2_2016 + CRASH_SEV_3_2016) ~ log((VOL_2014_1 +
1) * (VOL_2014_2 + 1)) + INTERSECCION.T + BIDIRECCIONAL_V1J +
DERECHO_V2J, data = datam, init.theta = 1.417652752, link = log)
```

Deviance Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.6884	-1.2642	-0.3305	0.4654	2.2224

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-2.08392	0.60864	-3.424	0.000617	**
*					
log((VOL_2014_1 + 1) * (VOL_2014_2 + 1))	0.10870	0.03017	3.603	0.000314	**
*					
INTERSECCION.T	-0.48453	0.26031	-1.861	0.062688	.
BIDIRECCIONAL_V1JTRUE	0.25348	0.14592	1.737	0.082360	.
DERECHO_V2JTRUE	0.33508	0.19080	1.756	0.079056	.

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(1.4177) family taken to be 1)

Null deviance: 449.88 on 396 degrees of freedom
Residual deviance: 410.22 on 392 degrees of freedom
(50 observations deleted due to missingness)
AIC: 1181.6

Number of Fisher Scoring iterations: 1

Theta: 1.418
Std. Err.: 0.265

2 x log-likelihood: -1169.643

Bibliografía

[1] Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud y Banco Mundial. “Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito”. Washington, Estados Unidos de América. 2010.

[2] Organización Mundial de la Salud. “Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial”. Ginebra, Suiza, 2015.

[3] Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, INMLCF. “Comportamiento de muertes y lesiones por accidente de transporte, Colombia, 2016”, Forensis: Datos para la vida, 2016.

[4] BANCO MUNDIAL, "Análisis de la Capacidad de Gestión de la Seguridad Vial". Fondo Mundial para la Seguridad Vial, Colombia, 2013.

[5] Secretaria de Movilidad de Medellín, SMM. “Informe anual de accidentalidad, 2014”. Medellín, 2015.

[6] Bocarejo J, Velásquez J, Díaz C. “Costo de accidentalidad vial Colombia: cálculos 2008-2010”. Bogotá: UniAndes/CFPV, 2011.

[7] Bhalla K. “The costs of road injuries in Latin America 2013”. Washington DC: Inter-American Development Bank, 2013.

[8] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION FHWA. Interactive Highway Safety Design Model. US Department of Transportation. Washington DC, 2012.

- [9] Krammes R. Interactive Highway Safety Design Model for Safety Evaluation of Highway Designs. Proceedings 2nd International Symposium on Highway Geometric Design, Mainz, Germany, 2012.
- [10] AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. HSM Highway Safety Manual, 1st Edition. Washington DC, 2010.
- [11] Harwood D.W., Council F.M., Hauer E., Hughes W.E. & Vogt A. "Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways". Report No.FHWA-RD-99-207, Office of Safety Research and Development, (US) Federal Highway Administration, 2000.
- [12] Hauer, E. "Statistical Road Safety Modeling". Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1897, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 81–87, 2004.
- [13] Lord, D., S. Washington, and J. Ivan. "Poisson, Poisson-Gamma and Zero Inflated Regression Models of Motor Vehicle Crashes: Balancing Statistical Fit and Theory". Accident Analysis and Prevention, Vol. 37, No. 1, pp. 35–46, 2005.
- [14] Lord, D., and J. Bonneson. Development of Accident Modification Factors for Rural Frontage Road Segments in Texas. Texas A&M University, College Station, 2006.
- [15] Lord, D., and P. Park. "Investigating the Effects of the Fixed and Varying Dispersion Parameters of Poisson-Gamma Models on Empirical Bayes Estimates". Accident Analysis and Prevention, Vol. 40, pp. 1441–1457, 2008.
- [16] Hilbe, J. Negative Binomial Regression. Cambridge University Press, Cambridge, England, 2011.

- [17] A. Marchionna, P. Perco, and N. Falconetti. "Evaluation of the Applicability of IHSDM Crash Prediction Module on Italian Two-Lane Rural Roads" *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 53, pp. 932–941, Oct. 2012.
- [18] Koorey G.F. "Calibration of Overseas Highway Crash Prediction Models for New Zealand - A Case Study with IHSDM". Technical Paper, IPENZ Transportation Group Conference, Christchurch, 2010.
- [19] F. Xie, "Calibrationg the Highway Safety Manual Predictive Mothods for Oregon Rural State Highways" M.S. thesis, Dept. Civil and Construction Eng., Oregon State University, Eugene, USA, 2011
- [20] R. A. Tegge, J. Jo, and Y. Ouyang, "Development and Application of Safety Performance Functions for Illinois" Research Report, Illonois Center of Transportation, Springfield, USA, 2010.
- [21] Williamson, M and Zhou, H. "Develop Calibration Factors for Crash Prediction Models for Rural Two-Lane Roadways in Illinois" *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 43, pp. 330–338, 2012.
- [22] Altamira, A and García, Y. "Calibración del módulo de accidentes del Highway Safety Manual (HSM)." Conference Paper, XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Córdoba, Argentina, 2012.
- [23] H. Barbosa, F. Cunto, B. Bezerra, C. Nodari, and M. Alice, "Safety performance models for urban intersections in Brazil," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 70, pp. 258–266, 2014.
- [24] Bansen, J. and Passetti, K. "Application of the IHSDM: A case study". Proceedings of the 3th International Symposium on Highway Geometric Design – Chicago, USA, June 2005.

- [25] Chuo, K. and Saito, M. "Applicability of the Crash Prediction Module of IHSDM to the selection of Candidate Locations for Safety Audits of Two-Lane Rural Highways". Proceedings of the 88th TRB Annual Meeting – Washington, D.C., USA, January 2009.
- [26] Dominguez-Lira, C., Castro, M., Pardillo-Mayora, J. and Gascon-Varon, C. "Adaptation and Calibration of IHSDM for Highway Projects Safety Evaluation in Spain". Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Geometric Design – Valencia, Spain, 2010.
- [27] Tarko, A. P., Romero, M., Thomaz, J., Ramos, J., Sultana, A., Pineda, R., & Chen, E. Updating RoadHAT: Collision diagram builder and HSM elements. Joint Transportation Research Program. Purdue University. Publication No. FHWA/IN/JTRP-2016/11). West Lafayette, 2016.
- [28] F. L. Mannering and C. R. Bhat, "Analytic Methods in Accident Research Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions," Anal. Methods Accid. Res., vol. 1, pp. 1–22, 2014.
- [29] G. Mehta and Y. Lou, "Calibration and Development of Safety Performance Functions for Alabama," Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board, vol. 2398, pp. 75–82, 2013.
- [30] Jovanis, P and Chang, H. "Modeling the relationship of accident to miles traveled". Transport. Res. Record 1068, 42–51. 1986.
- [31] Kraus, J., Anderson, C., Arzemanian, S., Salatka, M., Hemyari, P and Sun, G. "Epidemiological aspects of fatal and severe injury urban freeway crashes". Accident Anal. Prevent. 25 (3), 229–239, 1993.
- [32] Khan, S., Shanmugam, R. and Hoeschen, B. "Injury, fatal, and property damage accident models for highway corridors". Transport. Res. Record 1665, 84–92, 1999.
- [33] Dean, C. and Lawless, F. "Tests for detecting overdispersion in poisson regression models". J. Am. Stat. Ass. 84 467–472, 1989

- [34] Shankar, V., Mannering, F. and Barfield, W. "Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies". *Accident Anal. Prevent.* 27 (3), 371–389, 1995.
- [35] Chang, L. "Analysis of freeway accident frequencies: negative binomial regression versus artificial neural network". *Safety Sci.* 43, 541–557, 2005.
- [36] Lu, J., Gan, A., Haleem, K., Alluri, P. and Liu, K. "Comparing Locally-Calibrated and SafetyAnalyst-Default Safety Performance Functions for Florida's Urban Freeways". *Proceedings of the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.* 2012.
- [37] Lu, J., Gan, A., Haleem, K. and Wu, W. "Clustering-based roadway segment division for the identification of high crash locations". *J. Transport. Safety Security* 5 (3), 224–239, 2013.
- [38] Manan, M., Jonsson, T. and Varhelyi, A. "Development of a safety performance function for motorcycle accident fatalities on malaysian primary roads". *Safety Sci.* 60, 13–20, 2013.
- [39] Lyon, Craig, et al. "Safety performance functions for signalized intersections in large urban areas: Development and application to evaluation of left-turn priority treatment." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1908, 165–171, 2005.
- [40] Song, Yongze, et al. "Traffic volume prediction with segment-based regression kriging and its implementation in assessing the impact of heavy vehicles." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2018.